

ВОРОБЬЕВ А. Е.
ТЧАРО Х.
ВОРОБЬЕВ К. А.

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО БИТУМА

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Воробьев А.Е.
Воробьев К.А.
Тчаро Х.

Современное производство битума. Технологии и оборудование

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=38837503

ISBN 9785449359803

Аннотация

В данной монографии освещен материал по свойствам и классификации битумов по назначению и способу получения, химизму и кинетике процесса окисления, основным методам получения нефтяных битумов, влиянию технологических параметров и группового углеводородного состава сырья на процесс окисления и свойства получаемых битумов. Монография предназначена для студентов, бакалавров, магистров и аспирантов при выполнении НИР по получению нефтяных битумов, а также при выполнении курсовых и дипломных работ.

Содержание

Введение	5
Месторождения природных битумов и тяжелых нефтей	14
Углеводородный состав и характеристика свойств природных битумов месторождений Татарстана	16
Состав и физико-химические свойства природных битумов месторождения Пасар Ваджо (Индонезия)	29
Месторождения природных битумов на Северо-Востоке Сибирской платформы	44
Геологическая характеристика зон битумонакопления	47
Геохимия природных битумов Оленекского поднятия	58
Конец ознакомительного фрагмента.	60

**Современное
производство битума
Технологии и оборудование**

Воробьев А.Е.

Тчаро Х.

Воробьев К.А.

© Воробьев А.Е., 2018

© Тчаро Х., 2018

© Воробьев К.А., 2018

ISBN 978-5-4493-5980-3

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Ведение

На протяжении многих лет нефть является самым востребованным полезным ископаемым во всем мире. При этом, в нынешнее время, все большее внимание направлено на разработку альтернативных источников углеводородного сырья, а в особенности высоковязких нефтей и природных битумов. Благодаря своему составу и физико-химическим свойствам, природные битумы и высоковязкие нефти могут быть рассмотрены в различных отраслях промышленности, как универсальное сырье [1].

Мировые запасы тяжелых нефтей и природных битумов (> 810 млрд. т.) намного больше мировых запасов легкой нефти, тем не менее доля их добычи все еще не превышает 1%. Для увеличения доли природных битумов весьма актуальным является усовершенствованием технологии их добычи и переработки [1].

Природные битумы являются окисленными высоковязкими, плотными нефтями жидкой, полужидкой и твердой консистенции с высоким содержанием серы, масел, смол и асфальтенов, а также с большим содержанием других примесей (таких как ванадий, никель и молибден) [1].

«Битум (природный или получаемый в промышленности)» является черным (темноокрашенным) цементирующим веществом твердого, полутвердого или вязкого агрегат-

ного состояния, содержащим преимущественно высокомолекулярные углеводороды (обычно гудроны, пеки и асфальты) [8].

«Асфальт» – цементирующий материал темной или от коричневой до черной окраски на основе полученного в естественных условиях или в промышленности (в качестве остатка при очистке нефти) битума [8].

Отличительной чертой высоковязких нефтей и природных битумов по сравнению с легкими нефтями является малое содержание в них светлых фракций (температурой начального кипения – 350 С). При отсутствии в их составе бензиновой фракции, природные битумы считаются не текучими [1].

Увеличение переработки высоковязких (смолистых и сернистых) нефтей и природных битумов нефти должна сопровождаться эффективному управлению возникающими в этом процессе нефтяными остатками, содержащими большое количество смолисто-асфальтеновых веществ [1].

В этом контексте в России и других странах вопрос управлением качеством битумов для дорожных покрытий является до сих пор актуальным.

Современная мировая практика напряженности и интенсивности передвижения грузов на автодорогах подчеркивает важность применения специальных асфальтобетонных покрытий на основе битума, которые способны обеспечить необходимые физико-механические свойства автодорог и их

долговечность. Для продления срока службы автодорожных покрытий применяют полимер-битумный материал, позволяющий также увеличить их работоспособность [22].

В связи с этим, в нефтеперерабатывающей промышленности России и за рубежом значительно выросло производство дорожных, строительных и специальных битумов [24]. Нефтяные битумы являются дефицитными многотоннажными нефтепродуктами, качества которых является ключевым фактором для обеспечения долговечности автодорог [22].

Однако, 70% битумов, выпускаемых в России и в странах СНГ не соответствует требованиям современного рынка по ассортименту и качеству [22].

Из-за недостаточного качества битумов, автодорожные покрытия преждевременно изнашиваются, а их ремонт требует значительные капитальные затраты и трудоемких работ. Такое положение усугубляется непрерывным увеличением грузоподъемности и интенсивности движения транспортных средств, приводящим к значительному росту динамических нагрузок на автодорожное покрытие и тем самым повышению требований к качеству битума [22].

Автомобильная дорога является комплексным транспортным сооружением, включающим проезжие части, обустройство, сооружение, конструкция элементов, которых направлены на обеспечение ее надёжности т.е. способность длительного (нормативного или заданного) срока службы при оптимальной безопасной скоростью движения [17].

Автомобильная дорога является ключевым элементом в системе «водитель – автомобиль – дорога – среда». К критериям, определяющим надежности автодорог относятся [17]:

- нагруженность отдельных ее участков;
- высокая неравномерность перераспределения интенсивности движения в отдельных ее участках во времени;
- существенные ограничения скоростей движения носят местный характер и ограничены на дороге отдельными её участками (конфликтными зонами);
- единственный элемент системы «водитель – автомобиль – дорога – среда», который подвергается непрерывным суточным и круглогодичным воздействиям погодных, сезонных и климатических условия окружающей среды. Эти факторы приводят к частичному или общему, постепенному или внезапного характеру отказа автомобильных дорог.

При постепенном разрушении дорожного покрытия наблюдается снижение его эксплуатационной надежности (т.е. ее работоспособности), что приводит к ухудшению её микропрофиль, а тем самым к снижению плавности хода автомобилей, скорости движения и пропускной способности, а также росту количества чрезвычайных ситуаций [17].

По статистике увеличение числа ДТП, соблюдаемое на определенных участках автодороги связан со снижением скорости движения. Изменение допустимой скорости при въезде с одного в другой участок не должно превысить 20%.

Несоблюдение данной меры приводит к постепенному появлению дополнительных деформаций и разрушений автодорог [17].

Наибольшее разрушение автодорог происходит при изменении температурного режима (переход от отрицательного до положительного и обратно). За сезон в Центральной части РФ такого рода изменения температуры может возникать более 40 раз. Поэтому требуется воспроизводство более эластичного связующего битума [Бурмистрова М. Ю.].

К факторам, определяющим устойчивость асфальтобетонных покрытий к разрушению относятся [17]:

- 1) свойства битума (эластичность, прочность и др.);
- 2) прочность адгезии битума с заполнителем. Наиболее распространенными присадками к битуму являются полимерные и адгезионные.

Выбоины и трещины являются дефектами дорожного покрытия, которые появляются вследствие его преждевременного износа (разрушения) дорог ускоряют необходимость в преждевременном ремонте. Вода, проникающая через выбоины в нижние слои автодорожного покрытия, способствует преждевременному разрушению дорог [6].

Более глубокое проникновение воды обеспечивается образованием трещин на дорожных покрытиях [6].

С одной стороны, при повышении содержания битума в асфальте или применении более мягких сортов битума значительно улучшается устойчивость асфальта к трещинооб-

разованию при низких температурах, но повышает риск образования избыточных борозд при повышенных температурах. С другой стороны, предотвращение появлению борозд может быть достигнута путем снижения количества битума в асфальте или путем применения более твердых сортов битума. В таком случае снижается устойчивость к образованию трещин, поскольку смесь становится менее пластичной [6].

Поэтому целесообразно разработать прочную битумную композицию, с хорошей устойчивостью и пластичностью в независимости от температурных условий [6].

Поэтому битум, используемый в качестве связующего вещества в смесях для дорожного асфальтового покрытия и постоянно усовершенствуется, для соответствия непрерывно повышающимся требованиям, предъявляемым дорожными строителями [6].

В настоящее время предпринимается многочисленных попыток для получения твердой битумной композиции, соответствующей современным требованиям сопротивляемости появлению трещин (например, битумная композиция, обладающая как хорошими рабочими показателями при низких температурах, так и хорошей сопротивляемостью появлению выбоин при высоких температурах) [6].

Другим требованием к современным битумным композициям является соответствие стандарта сопротивляемости растворению в нефтепродуктах (таких как топливо, например, бензин и керосин) и маслах (таких как смазочные мас-

ла). Сопротивляемость растворению является важным аспектом в местах, где асфальтовые смеси регулярно подвергаются воздействию топлива и масел. Такие места включают, например, взлетные полосы аэродромов, места хранения отходов, заправные станции и места хранения топлива. Если асфальтовая смесь подвергается воздействию топлива или масла, битум будет вымываться из асфальтовой смеси, что будет соответственно способствовать потере наполнителя дорожного покрытия (к образованию так называемого волнообразного дорожного покрытия) [6].

Современные композиционные строительные материалы представляют собой сложные системы, свойства и эксплуатационные характеристики которых зависят как от свойств применяемых сырьевых материалов в отдельности (заполнители, наполнители, вяжущие и т.д.), так и от характера их совмещения, т.е. особенностей контактной зоны между компонентами [14].

Именно место контакта зачастую является «слабым» местом создаваемых композитов. Причем это касается не только материалов на основе вяжущих систем гидратационного типа твердения, но и органоминеральных композиций, таких как битумо-минеральные смеси и асфальтобетоны, где от прочности сцепления битума с минеральной подложкой зависят основные свойства формируемых систем, такие как водопоглощение и водостойкость, набухание и др. [14].

Существуют многочисленные методы получения битум-

ного материала: остатка прямой и вакуумной перегонки, смесь перегонного остатка с различными разбавителями, в том числе с поглотительным маслом вакуумной колонны, нефтяным дистиллятом и ароматическим и нафтовым маслами. Также могут быть использованы и другие асфальтовые материалы, такие как природный асфальт, горная асфальтовая порода и каменноугольный пек [8].

Проблемы качества выпускаемых в промышленности объемов битумов и битумных композиций в РФ связаны с нехваткой совершенной технологии переработки нефтепродуктов [19].

В настоящее время одной из главных проблем при производстве дорожных битумов является определенные затруднения контроля разброса показателей качества поступающего на переработку сырья, что ведет к получению битумов, неудовлетворяющих требованию ГОСТ. Известно, что даже небольшие колебания состава битумов (содержание парафина, нафтеновых и ароматических углеводородов, асфальтенов и других компонентов) может оказывать огромное влияние на качество получаемых битумов [12].

Решения проблемы качества битума возможно зачастую за счет оптимизации его группового химического состава, введения модифицирующих добавок (в основном серы), использования ультразвука, виброполя и т. д. [19].

Оптимизация соотношения дисперсной фазы к дисперсионной среде позволяет обеспечить битум более пластич-

ными свойствами, повышенным интервалом пластичности и температуры размягчения, улучшенными адгезионными свойствами и устойчивостью к разрушению [12].

Месторождения природных битумов и тяжелых нефтей

За последние годы уровень ежегодной добычи Российской нефти (с газовым конденсатом) составляет приблизительно 500 млн. т. Удельные запасы высоковязких и трудноизвлекаемых нефтей неуклонно растут в ряде регионов с учетом снижения запасов в структуре запасов России и уже преобладает в ряде регионов с падающей добычей [1].

Самые большие запасы тяжелой нефти на территории России находятся по степени значимости в Западносибирской, Волго-Уральской, Тимано-Печорской провинциях соответственно [1].

В настоящее время на территории Западносибирской НГП разрабатывается около 25% залежей тяжелых нефтей: на разрабатываемые залежи приходится 30% извлекаемых запасов тяжелых нефтей провинции. На территории Тимано-Печорской провинции разрабатывается примерно четверть залежей: доля этих залежей в запасах тяжелых нефтей провинции превышает 50%. На территории Волго-Уральской провинции на сегодняшний день разрабатывается около 40% залежей тяжелых нефтей, на разрабатываемые залежи приходится до 90% запасов тяжелой нефти провинции [1].

Западносибирская провинция обладает более 40% запасов низковязкой тяжелых нефтей страны, которые сосредоточены на месторождениях Тазовское, Западно- Мессояхское, Новопортовское и Северо-Комсомольское. Большинство залежей высоковязких нефтей отложены на глубинах 800—1500 м [1].

В настоящее время доля тяжелой нефти составляет 23% от общей добычи нефти РФ, при этом почти половина тяжелых нефтей добывается в Ханты-Мансийском АО (Вань-Еганское месторождение). Существуют другие месторождения в Кировской и Ульяновской областях, а также в республике Марий Эл., запасы, которых все еще мало изучены. Перспективы добычи и переработки битума велики в Республике Татарстана с учетом наличия многочисленных залежей высоковязких нефтей и природного битума. [1].

Планируется активная ежегодная добыча порядка 1 млн. т сверхвязкой нефти (природного битума) Компанией ОАО «Татнефть», которая имеет большой опыт по опытно-промышленной разработке тяжелой нефти на Ашальчинском месторождении (325 тыс. т сверхвязкой нефти в 2006 г., 145 тыс. т в 2013 г., около 300 тыс. т в 2015 г. [1].

Углеводородный состав и характеристика свойств природных битумов месторождений Татарстана

На территории современного Татарстана, а именно в бассейне верхнего и среднего течения р. Шешма (Шугурово, Сугушлы, Спиридоновка, Сарабикулово, Кармалка и др.), были обнаружены многочисленные и разнообразные по характеру поверхностные проявления нефтей и битумов. Промышленные залежи и месторождений нефтей и природных битумов регионах характеризуются их залеганием в верхней части литосферы в зоне воздействия гипергенных факторов, что обусловило разнообразие и непостоянство их состава и свойств и некондиционности углеводородного сырья [37].

Тем не менее, с учетом снижения месторождений легкой нефти во многих нефтедобывающих регионах мира (в том числе и на территории России) необходимость альтернативных источников углеводородного сырья (в том числе, природных битумов) является важным направлением [37].

Объектами исследования служили 8 образцов битумов различного возраста, экстрагированных из битуминозных пород пермских отложений территории Татарстана. Экстракцию битумов из пород проводили в аппарате Сокслет-

та смесь органических растворителей: бензол, хлороформ, изопропиловый спирт, взятых в соотношении 1:1:1. Содержание битума оценивали весовым способом (табл. 1) [37].

Определение компонентного состава битумов было осуществлено путем осаждения из них асфальтенов 40-кратным избытком петролейного эфира (40—70° С) с дальнейшим разделением деасфальтизата на масла и смолы методом жидкостно-адсорбционной хроматографии на активированном крупнопористом силикагеле (фракция 0,25—0,5 мм) [37].

Определение структурно-группового состава битумов и выделенных из них асфальтенов был применен метод молекулярной инфракрасной спектроскопии с использованием ИК Фурье спектрофотометра «Vector» фирмы «Bruker». ИК-спектры поглощения исследуемых продуктов сравнивались по оптической плотности в максимумах соответствующих полос поглощения, характерных для колебаний парафиновых структур при 720, 1380 и 1465 см (СН₂-группы > 4, СН и СН₂—СН₃-группы); ароматических структур в области 1600 см, где наблюдаются колебания С=С связей, а также в области поглощения 1740—1710 см, где проявляются валентные колебания карбонильных групп (С=О) разных химических типов и в области поглощения 1030 см, где наблюдается поглощение сульфоксидных групп. Полоса 1710 см широко используется для выяснения степени окисленности нефти при классификационном анализе природных битумов

разных генетических классов [37].

Расчет спектральных коэффициентов, характеризующих химическую структуру соединений нефти осуществляется на основе значений оптической плотности, определенной в максимумах соответствующих полос поглощения: $C_1 = D_{1600}/D_{720}$ (ароматичности); $C_2 = D_{1710}/D_{1465}$ (окисленности); $C_3 = D_{1380}/D_{1465}$ (разветвленности); $C_4 = D_{720} + D_{1380}/D_{1600}$ (алифатичности) [37].

Хроматограф «AutoSystem XL» с пламенно-ионизированным детектором позволил исследовать индивидуальный углеводородный состав налканов и ациклических изопреноидов насыщенной фракции битумов и нефтей выполнено на хроматографе «AutoSystem XL». Оборудование является кварцевой колонкой длиной 25 м (внутренний диаметр, которого равняется 0,2 мм), заполненной жидкой фазой SE-30 [37].

Результаты исследования компонентного состава исследованных битумов (табл. 1), отобранных из двух нефтебитуминозных комплексов пермской системы (уфимский и казанский ярусы), показывают значительные различия по относительному содержанию масел и асфальтенов [37].

По классификации В. А. Успенского, образец битума Сугушлинского месторождения, отобранный из поверхностных уфимских отложений, имеющих выход на дневную поверхность, как и битумы Алтайского, Олимпиадного и Бурейкинского месторождения из интервала глубин 82—350 м

относятся к мальтам (содержание масел 40—65 мас. %) [37].

Плотность мальт изменяется от 0,965 до 0,9945 г/см, содержание серы в них составляет 2,43—6,66%. Наиболее высокое содержание серы 6,66% характерно для Бурейкинского битума (скв. 7064) из карбонатных отложений казанского яруса [37].

К классу асфальтов (с содержанием масел 25—40 мас. %) относится битум с плотностью 1,0079 из поверхностных пород Шугуровского месторождения с содержанием масел 31,3% [37].

По данным компонентного состава, два исследованных образца битумов: один из уфимских отложений Спиридоновского месторождения, и другой – из отложений казанского яруса Улеминского месторождения с содержанием масел от 8—8,7% и содержанием асфальтенов 60,7—65,2% относятся, к классу асфальтитов. Асфальтиты представляют собой твёрдые темного цвета продукты. В асфальтитах Спиридоновского месторождения спиртобензольные смолы преобладают над смолами бензольными, что свидетельствует о высокой степени их окисленности. В Улеминском асфальтите преобладают бензольные смолы над спиртобензольными. Лёгкие фракции в битумах, экстрагированных из битуминозных пород, практически отсутствуют [37].

По классификации В. И. Муратова, согласно которой учитывается весь компонентный состав, класс мальт имеет более широкие пределы по содержанию масел (30—60 мас. %),

смола (30—50 мас. %) и асфальтенов (0—20 мас. %). Согласно данной классификации Шугуровский битум может быть также отнесен к мальтам. Из табл. 1 четко видны различия в компонентном составе мальт и асфальтитов. Асфальт Шугуровского месторождения занимает промежуточное положение между мальтами и асфальтитами [37].

Таблица 1

Общая характеристика и компонентный состав битумов из пород пермских отложений Татарстана

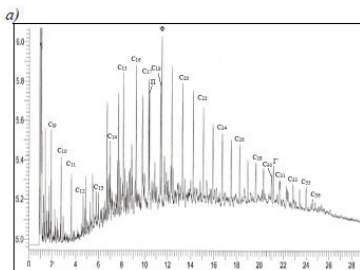
Месторождение, площадь	Масл.	Возраст	Интервал отбора, м	Лито-логия	Со-дер-жание се-ры, мас. %	Вы-ход битума мас. %	Плотность, г/см ³	Компонентный состав*					Показатели		Хи-мический тип	
								УВ	СБ	ССБ	смола >1	Асф.	С ₂ /С ₃	Смо-лы/ Асф.		
Мальты																
Сугунинское	-	P2 uГ	по-верх.	песча-ник	4,66	5,5	0,99 45	48 0	18 2	22 3	40 5	11, 5	0,82	3,52	B ¹	
Алгайское	97 37	P2 uГ	82-78	песча-ник	3,60	11,2	0,96 51	58 0	24 0	12 0	36 0	6,0	2,00	3,18	A ¹	
Опшан-довское	24 7	P2 uГ	128-228	песча-ник	3,82	9,8	0,97 01	61 7	15 9	15 4	31, 3	7,0	1,03	3,06	A ¹	
Бурейан-ское	70 64	P2 kz	343-350	карбо-нат	6,66	3,9	1,01 03	42 0	20 0	17 0	37, 0	21, 0	1,18	1,76	A ¹ + B ¹	
Среднее:						7,6	0,98 50	52 4	19 5	16 7	36, 2	11, 4	1,06	2,88		
Асфальт																
Шугуро-ское	-	P2 uГ	по-верх.	песча-ник	4,50	4,7	1,00 79	34 0	19 2	33 0	55, 2	13, 8	0,58	4,00	B ¹	
Асфальтиты																
Спиритов-ское (обра-зец 1)	-	P2 uГ	по-верх.	песча-ник	4,85	2,64	-	8, 7	3, 3	27, 3	30, 6	60, 7	0,12	0,50	B ¹	
Спиритов-ское (обра-зец 2)	-	P2 uГ	по-верх.	песча-ник	4,58	1,05	-	8, 0	3, 3	23, 5	26, 8	65, 2	0,14	0,41	B ¹	
Удэшское	5	P2 kz	3,0-5,0	дозо-нат	4,75	1,65	-	8, 8	19 6	9,8 5	29, 4	61, 8	2,0	0,48	B ¹	
Среднее:						1,78		8, 5	8, 7	20, 2	28, 9	62, 6	0,75	0,47		

– УВ – углеводороды; СБ – смолы бензолные; ССБ – смо-лы спирто-бензолные

Сравнительный анализ хроматограмм исследованных битумов показало, что по классификации А. А. Петрова, битумы класса мальта имеют отличия по содержанию нормальных алканов, а также по принадлежности к двум различным химическим типам: А1 и Б1 [37].

К типу А1 относятся парафинистые битумы Алтайского и Олимпиадного месторождений.

В этих битумах присутствуют так же изопреноидные алканы. На хроматограммах (рис. 1) хорошо видны пики пристана (C19) и фитана (C20). Отношение $\Pi + \Phi / \text{н-C17} + \text{н-C18} < 1$, характерно для парафинистых нефтей нижележащих девонских и каменноугольных отложений, что свидетельствует о том, что по сути дела, эти битумы являются нефтями, потерявшими легкие углеводородные фракции [37].



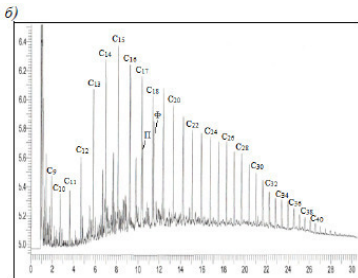


Рис. 1. Хроматограммы битумов из пород [37]:
 а) – Олимпиадовского месторождения (тип А1); б) –
 Алтайского месторождения
 (тип А1); С10-С43-н-алканы Г – гопан, П – пристан (С19)
 Ф- фитан (С20)

На хроматограммах этих битумов (рис. 2) видны четкие пики, указывающие на присутствии в достаточно высоких концентрациях н-алканов состава С10-С36 и выше, с преобладанием гомологов выше С20 [37].

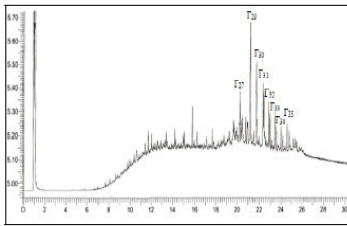


Рис. 2. Хроматограмма битума из поверхностных отложений Шугуровского месторождения (тип Б1)

В битуме Бурейкинского месторождения из карбонатных пород (рис. 3), отобранных в интервале глубин 343—350 м, так же преобладают высокомолекулярные полициклические углеводороды, но в отличие от выше рассмотренных битумов на данной хроматограмме присутствуют пики, принадлежащие n-алканам состава C10-C25 с максимальной концентрации при C13. Отношение $\Pi + \Phi / \text{n-C17} + \text{n-C18} < 1$, также как и в битумах парафинистого типа А1. Поэтому данный битум может быть отнесен к смешанному типу А1 + Б1 [37].

Хроматограммы битумов из пород, имеющих выход на дневную поверхность Сугушлинского и Шугуровского месторождений схожи, в них практически отсутствуют n-алканы и видны только пики, принадлежащие высокомолекулярным пентациклическим гопанам составом C27-C35 (рис.

2) [22].

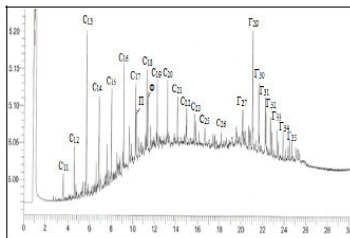


Рис. 3 – Хроматограмма битума из пород Бурейкинского месторождения (тип А1 + В1)

Судя по хроматограммам (рис. 4), в асфальтитах Спиридоновского и Улеминского месторождений, в основном, преобладают высокомолекулярные полициклические нафтеновые углеводороды ряда гопана состава C₂₇-C₃₅, н-алканы в составе асфальтитов практически отсутствуют. На хроматограммах этих битумов видны лишь незначительные пики, указывающие на их присутствие, в областях элюирования как низкомолекулярных, так и высокомолекулярных углеводородов [37].

Таким образом, по данным ГЖХ анализа исследованные битумы разделяют на 3 типа, в соответствии с их отличительными особенностями по распределению н-алканов. Важно отметить, что класс мальт весьма неоднороден по углево-

дородному составу. В этот класс входят битумы как содержащие в значительных количествах н-алканы (Алтайское и Олимпиадное месторождения), так и гипергенно-измененный битум из поверхностных отложений Сугушлинского месторождения с низким содержанием н-алканов [37].

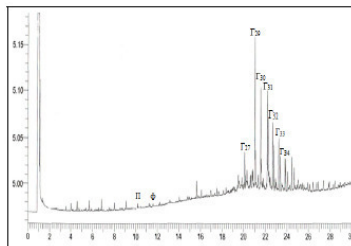


Рис. 4. Хроматограмма битумов из пород Спиридоновского месторождения (тип Б¹)

Наличие в битумах н-алканов является важным их классификационным параметром, так как существенно они определяют их технологические качества и влияют на выбор сырья для производства конкретных продуктов, в частности базовых масел [37].

Следовательно, парафинистые битумы Алтайского и Олимпиадного месторождений типа А1, могут служить исходным сырьем для получения смазочных материалов (соляровое, вазелиновое, веретенное, машинное и др.). Высоко-

молекулярные остатки после отгонки масел, в зависимости от типа исходного битума, могут быть использованы в качестве топлив или в качестве связующего при получении асфальтовых битумов [37].

Применение ИК-спектроскопии позволяет получать количественную характеристику структурных фрагментов алифатической, ароматической и гетероатомных частей, гипотетической средней молекулы (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика битумов из пород пермских отложений Татарстана методом ИК-Фурье спектроскопии

Месторождение, площадь	Оптическая плотность D в макс. полосы поглощения при λ , см ⁻¹							Спектральные показатели*				
	1740	1710	1600	1465	1380	1030	720	C1	C2	C3	C4	C5
Мальты												
Сугушлинское	0,20	0,64	0,40	1,82	0,87	0,40	0,17	2,3	0,3	0,4	2,5	0,22
Алтайское	0,03	0,16	0,19	1,98	0,85	0,16	0,22	0,8	0,0	0,4	5,6	0,08
Олимпиадовск	0,03	0,14	0,18	1,97	0,82	0,08	0,27	0,6	0,0	0,4	6,0	0,04
Бурейкинское	0,12	0,55	0,49	1,81	1,01	0,42	0,29	1,6	0,3	0,5	2,6	0,23
Асфальт												
Шугуровское	0,07	0,28	0,27	1,94	0,95	0,29	0,21	1,2	0,1	0,4	4,2	0,15
Асфальтиты												
Спиридоновское (образец 1)	0,76 6	1,38 1	1,37 6	1,98 5	1,59 4	0,59 4	0,12 7	10, 83	0,6 95	0,8 0	1,2 5	0,30
Спиридоновское (образец 2)	0,74 6	1,42 1	1,41 1	1,98 5	1,58 4	0,61 4	0,14 2	9,9 4	0,7 16	0,8 0	1,2 2	0,31
Улеминское	0,48	1,25	0,69	1,88	0,90	0,48	0,19	3,6	0,6	0,4	1,5	0,25

$$*C_1 = D1600/D720; C_2 = D1710/D1465; C_3 = D1380/D1465; \\ C_4 = (D720 + D1380) / D1600; C_5 = D1030/D146$$

Наиболее высокими значениями ароматичности $C_1 = D1610/D720$ (9,94—10,83), окисленности $C_2 = D1710/D1465$ (0,695—0,716) и осерненности $C_5 = D1030 / D1465$ (0,30—0,31) характеризуются образцы асфальтита Спиридоновского месторождения. Низкие значения показателя алифатичности $C_4 = (D720/D1380) / D1600$ (1,22—1,25) указывают на отсутствие в их составе n-алканов. Спектральные данные подтверждают высокую степень окисленности асфальтитов [37].

Парафинистые битумы Алтайского и Олимпиадного месторождений отличаются более высокими значениями показателя алифатичности $C_4 = 5,60—6,02$ и наименьшими значениями показателей ароматичности $C_1 = 0,66—0,82$, окисленности $C_2 = 0,074—0,085$ и осерненности $C_5 = 0,044—0,082$, что согласуются с данными ГЖХ-анализа этих битумов. Промежуточное положение по спектральным параметрам занимают битумы Шугуровского, Сугушлинского и Бурейкинского месторождений. Степень разветвленности парафиновых структур в ряду исследованных битумов, за исключением Спиридоновского асфальтита, изменяется в достаточно узких пределах $C_3 = D1380/D1465$ (0,42—0,56). Для Спиридоновского битума этот показатель несколько выше $C_3 = 0,80$ [37].

В последние годы асфальтиты используются при производстве неокисленных битумов для дорожного строительства. Это связано с тем, что нефтяные битумы, в отличие от природных, применяемые в качестве строительных материалов, наряду со многими положительными качествами, имеют существенный недостаток – нестабильность их товарных свойств. Природные битумы наиболее устойчивы к атмосферным и химическим воздействиям [37].

Анализ показал, что увеличение значений показателя ароматичности сопровождается закономерным снижением значения показателя алифатичности с коэффициентом корреляции $R=0,8$. Это свидетельствует о том, что под воздействием природных факторов наблюдается закономерное изменение химического состава природных битумов и спектральные коэффициенты отражают эти изменения. Следовательно, они так же могут быть использованы для классификации природных битумов [37].

Состав и физико-химические свойства природных битумов месторождения Пасар Ваджо (Индонезия)

По разным оценкам мировые запасы тяжелых нефтей и природных битумов (ПБ) составляют от 790 млрд. т до 1 трлн. т. Их роль значительно возрастает в связи с истощением месторождений нефти и природного газа и усложнением проблем их добычи [38].

Месторождения природных битумов открыты на всех континентах земного шара, за исключением Австралии и Антарктиды. Наибольшими запасами природных битумов обладают Канада, Венесуэла и Россия. Значительное количество запасов сосредоточено также в США, Мексике, Кувейте, Индонезии. Запасы органической части битумсодержащих пород известных во всем мире месторождений составляют 300—330 млрд т, что практически эквивалентно всем потенциальным ресурсам нефти и в четыре раза превышает ее мировые доказанные запасы [38].

Природные битумы залегают в пористых породах, представленных в основном песками, песчаниками и известняками. Битумсодержащие пески характеризуются слабой сцепляемостью зерен, в то время как в песчаниках и известня-

ках они достаточно крепко сцементированы. По содержанию в битумах масляной составляющей (парафинонафтеновые и ароматические углеводороды) выделяют классы мальт (65—40%), асфальтов (40—25%), асфальтитов (25—5%) и керитов. Так, типичными представителями класса мальт являются битумы месторождений Атабаска и Колд Лейк (Канада), Муртук и Тюбкараган (Западный Казахстан), класса асфальтов – битумы месторождения Иманкара (Западный Казахстан), а класса асфальтитов – битумы месторождений Пич-Лейк (Тринидад и Тобаго) и Спиридоновского (Республика Татарстан) [38].

В последних ежегодных обзорах Всемирного энергетического совета (ВЭС) сверхтяжелой нефтью считается естественный углеводородный продукт со средней плотностью 1.018 г/см³, тогда как к природным асфальтам отнесены углеводороды со средней плотностью 1.037 г/см³. Кроме того, природные асфальты характеризуются высокой динамической вязкостью – порядка 10000 мПа с. Для природных битумов характерна обогащенность серой до 10—15% и более, а также металлами (V, Ni, U, Co, Mo, Rb и т.д.) [38].

Известно, что подтвержденные запасы природных битумов Индонезии составляют 67 млн. т, а начальные геологические – 1.4 млрд. т. Подавляющая доля запасов относится к месторождению Пасар Ваджо на о. Бутон (к югу от Сулавеси), крупнейшему в Юго-Восточной Азии [38].

Таблица 1.

Данные экстракции битумосодержащей породы

Параметр	Номер образца		
	1	2	3
Содержание органического вещества в породе, мас. %	38.3	29.7	21.9
Содержание минеральной составляющей, мас. %	61.7	70.3	78.1

Ежегодная добыча в настоящее время составляет около 0.5 млн. т. Так как выбор технологии комплексной переработки битуминозных пород зависит от физико-химических свойств природного битума, его группового и элементного составов, а также содержания металлов, всестороннее изучение органической и минеральной составляющей битуминозных пород является необходимым этапом для разработки вариантов их практического применения [38].

Объекты исследования – образцы битумосодержащих пород, извлеченные с различных участков месторождения Парсар Ваджо (о. Бутон, провинция Юго-Восточный Сулавеси, Индонезия), добытые карьерным способом с глубины 15—20 м мест Самполава – Васуемба, Такимпо и пр. Выделение битума из битумосодержащих пород проводилось последовательной экстракцией породы хлороформом и спиртобензольной смесью с последующим упариванием растворителей [38].

Термический анализ образцов битумсодержащих пород и битумов проводили на дериватографе Q-1500D фирмы МОМ (Венгрия) в интервале температур 20—1000°С со скоростью нагрева печи 10°/мин. Атмосфера в печи воздушная стационарная. В качестве инертного вещества использовали оксид алюминия. В опытах применяли платиновый тигель. Навеска битума составляла 50 мг, битумсодержащей породы – 300 мг [38].

Анализ физико-химических показателей битумов проводили по стандартным методикам: определение плотности по ГОСТ 3900—85, определение компонентного состава по ГОСТ 11851—85, метод А, определение коксового остатка по ГОСТ 19932—99. Твердые парафины выделяли из битумов методом осаждения ацетоном из бензольного раствора (1:1) масел при —21°С на воронке Шотта [38].

Элементный состав битумов определяли на приборе «Анализатор СНН-3» методом сжигания на меди в токе кислорода [38].

Содержание ванадия и никеля в битумах находили методом прямой пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре «ААС-1N». Раствор пробы распыляли в пламени «ацетилен – воздух» при определении никеля и «ацетилен – закись азота» при определении ванадия [38].

В качестве растворителя использовали смесь ортоксилола 80, ацетона 10 и этанола 10 об. %. Концентрацию элемен-

тов определяли по калибровочным кривым, используя в качестве эталонов – дибутилдитиокарбамат никеля или ванадия (II) в вышеуказанной смеси растворителей, полученный кулонометрически по методике [38].

Углеводородный состав битумов изучали методом высокотемпературной ГЖХ с использованием хроматографа фирмы PerkinElmer с ПИД в режиме программирования температуры 20—360° С [38].

Структурно-групповой состав битумов определяли методом инфракрасной спектроскопии с применением ИК-Фурье спектрофотометра «Vector» фирмы «Bruker» в области 2000—650 см⁻¹. Образец был выполнен в виде тонкой пленки между двумя плоскопараллельными пластинками из KBr [38].

Структурно-реологические свойства битумов изучали на приборе Реотест-2 (ротационный вискозиметр) с коаксиальным цилиндрическим устройством. Объем пробы составлял 17 мл. Измерения проводили при температурах 100, 135 и 150° С в диапазоне скоростей сдвига от 0.17 до 146 с⁻¹. Энергию активации вязкого течения рассчитывали на основании уравнения Аррениуса [38].

Содержание битума в породе определяли по данным экстракции (табл. 1) и по данным комплексного термического анализа (ТА) (табл. 2).

По данным экстракции было установлено, что содержание битума в породе составляет от 21 до 39 мас. % и увеличива-

ется в ряду обр. 3 – обр. 2 – обр. 1. Промышленная разработка битумных месторождений рекомендуется при содержании битума в породе выше 10 мас. %, следовательно, исследуемое месторождение является перспективным объектом для добычи природных битумов [38].

Метод термического анализа является универсальным для изучения нефте- и битумсодержащих пород и экстрактов, который позволяет определить не только содержание органического вещества (в т.ч. нерастворимого (НОВ)) непосредственно в породе, но и охарактеризовать состав минеральной части и фракционный состав вмещаемого органического вещества. По данным ТА в образцах содержание органического вещества составляет 38,7, 31,0 и 23,8 мас. %, что практически совпадает с данными экстракции при значительной разнице в объеме исследуемой навески [38].

Несколько повышенные значения содержания органического вещества, определенного методом ТА, связаны с присутствием в породе НОВ, содержание которого можно оценить при исследовании породы [38] после экстракции органического вещества (табл. 2).

Таблица 2

Данные ТА образцов битумсодержащей породы,
а также породы после экстракции битума

Образец	H ₂ O, %	Δm_1 , %	Δm_2 , %	Δm_3 , %	Содержание битума, %	F	Содержание CaCO ₃ , %
Битумсодержащая порода							
1	—	8.9	12.2	17.6	38.7	0.3	40.0
2	—	7.7	11.8	6.9	31.0	0.4	53.0
3	2.8	5.5	4.6	13.7	23.8	0.3	34.1
Порода после экстракции							
1	0.8	2.0	1.0		3.7	2.0	68.9
2	1.5	1.6	1.1		2.7	1.5	72.3
3	2.0	1.3	0.7		2.0	1.8	51.4

Δm_1 , Δm_2 , Δm_3 – потери массы в температурных интервалах 20—410° С, 410—530° С и 530—700° С соответственно; $F = \Delta m_1 / (\Delta m_2 + \Delta m_3)$.

Установлено, что окисление НОВ при нагревании происходит в температурном интервале 250—490° С. Это свидетельствует о том, что оно представляет собой скорее хемосорбированную органику, обогащенную гетерофункциональными структурами (кероген), а не карбено-карбоидные соединения, образующиеся при гипергенной дегградации битума. Содержание НОВ изменяется в интервале от 2.0 до 3.7% [38].

Методом ТА установлено, что минеральная составляющая битумсодержащих пород представлена в основном кальцитом (от 50 до 73%) (табл. 2). В обр. 3 отмечено присут-

ствие глинистой породы типа монтмориллонита, а также адсорбированной воды (порядка 2%), сохраняющейся в породе и после экстракции [38].

Для характеристики, битумной составляющей пород по кривым ДТА и ДТГ рассчитаны потери массы на трех стадиях термоокислительной деструкции органического вещества (табл. 2). Первая и вторая стадии (Δm_1 (20—410° C), Δm_2 (410—530° C)) соответствуют испарению и термическому окислению легких и средних фракций, а третья (Δm_3 (530—700° C)) – термоокислительной деструкции тяжелых фракций [38].

Отношение потерь массы на первой и второй стадиях деструкции органического вещества к потерям массы на третьей стадии отражает показатель фракционного состава (F) [38].

Потери массы на первой, второй и третьей стадиях термоокислительной деструкции изменяются в интервалах 5.5—8.9, 4.6—12.2 и 6.9—17.6 мас. % соответственно. Однако по фракционному составу исследуемые образцы битумов схожи [38].

Следует отметить, что битумы Индонезии являются достаточно тяжелыми ($F = 0.3—0.4$), например, по сравнению с природными битумами месторождения Иманкара (Западный Казахстан), также относящихся к классу асфальтов, показатель фракционного состава которых в два раза выше [38].

В ходе исследования проведено углубленное изучение состава и физико-химических свойств экстрактов битумов (табл. 3). Было установлено, что согласно «Временной инструкции по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов природных нефтяных битумов» по плотности (1.03—1.06), содержанию масляных компонентов (30—40%) и полной растворимости в хлороформе исследуемые битумы относятся к классу асфальтов. Содержание асфальтенов в битумах изменяется в пределах 26—30 мас. % [38].

Сравнительный анализ данных элементного состава исследуемых образцов с битумами подобного класса показал, что битумы Индонезии выделяются пониженным содержанием углерода, низким содержанием серы (обр. 2 и 3 – малосернистые, обр. 1— сернистый) и микроэлементов (V – 50—100 г/т, Ni – 27—39 г/т) [38].

Минимальная концентрация ванадия в природных битумах, при которой выгодна его промышленная добыча, составляет 120 г/т, а никеля 50 г/т. следовательно, выделение металлов из природных битумов Индонезии не является экономически перспективным [38].

Следует отметить, что все битумы характеризуются высокими значениями показателя коксуемости (67—78%), что указывает на возможность их использования в процессах получения кокса [38].

Содержание твердых парафинов в исследованных образ-

цах незначительно (не более 2.5%). Установлено, что для битумов с высоким содержанием асфальтенов характерны хроматограммы с высоким нефтяным фоном, распределение нормальных углеводородов может быть как унимодальным, так и бимодальным. Особенностью исследуемых битумов является полное отсутствие углеводородов нормального строения (рис. 1), нефтяной фон выражен слабо (особенно для обр. 1 и 2) [38].

Структурно-групповой состав битумов охарактеризован методом ИК-спектроскопии по основным полосам поглощения, характеризующим определенную структурную группу (1380 см^{-1} ($-\text{CH}_3$), 720 см^{-1} ($-\text{CH}_2-$), 1600 см^{-1} ($\text{C}=\text{C}_{\text{аром}}$), 1460 см^{-1} ($\text{C}-\text{H}$), 1710 см^{-1} ($\text{C}=\text{O}$) и 1030 см^{-1} ($\text{S}=\text{O}$) (рис. 2).



Битумы характеризуются высоким содержанием карбо-

нильных групп в кислотах и ароматических сложных эфирах, что свойственно для сильно окисленных систем [38].

Таблица 3

Физико-химические характеристики экстрактов битумсо-
державшей породы

Физико-химические характеристики	Номер образца		
	1	2	3
Плотность при 20° С, г/см ³	1.055	1.025	1.030
Элементный состав, мас. % С Н S N	64.7	64.9	60.0
	11.1	11.8	11.5
	2.8	0.5	0.3
	1.6	1.8	1.8
Содержание ванадия, %	0.0099	0.0054	0.0104
Содержание никеля, %	0.0030	0.0027	0.0039
Компонентный состав, мас. % масла бензольные смолы спиртобензольные смолы н-С7-асфальтены	31.2	40.2	37.9
	26.6	20.8	22.2
	11.9	13.2	10.9
	30.3	25.8	29.0
Содержание твердых парафинов, мас. %	2.3	1.4	2.6
Растворимость в хлороформе, %	100	100	100
Коксовый остаток по Конрадсону, мас. %	68.5	67.2	78.1

Поглощение в области 1030 см⁻¹ подтверждает нали-

чие SO-групп сульфоксидов. Однако их содержание незначительно, что коррелирует с данными элементного состава по содержанию серы. Было установлено, что алифатические фрагменты характеризуются высокой разветвленностью, о чем свидетельствует высокая интенсивность полосы поглощения в области 1460 см^{-1} , обусловленной наличием четвертичного атома углерода. С учетом отсутствия парафиновых углеводородов в битумах по данным ГЖХ, можно предположить, что алифатические фрагменты, в основном, представлены многочисленными короткими алкильными заместителями [38].

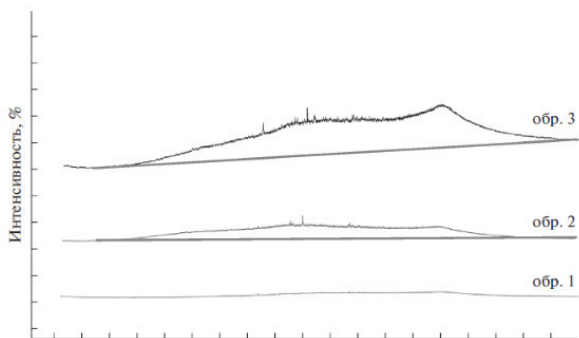


Рис. 1. Хроматограммы природных битумов

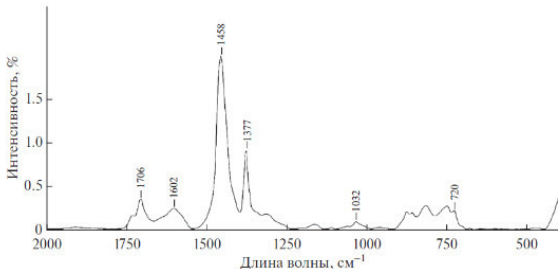


Рис. 2. ИК-спектр битума (обр. 1)

Физико-химические свойства битумов определяются не только их составом, но и дисперсным строением.

Для оценки дисперсной структуры рассчитан индекс пенетрации (ИП) (табл. 4). По данному показателю битумы относятся к «золь—гель» типу. Однако на основании показателей химического состава, а именно содержания асфальтенов, установленных в работе А. С. Колбановской, битумы имеют структуру типа «гель». «Гель» структура битумов подтверждается также данными вискозиметрии (табл. 4), о чем свидетельствуют высокие значения динамической вязкости и пониженные значения энергии активации вязкого течения, обусловленные наличием жесткого структурного каркаса, устойчивого к температуре [38].

Природные битумы являются перспективным сырьем для получения вяжущих материалов дорожного и строительного назначения. В связи с этим проведено изучение техно-

логических характеристик образцов, входящих в стандарты на битумные вяжущие. С учетом технологических характеристик нами предложены следующие направления переработки природных битумов месторождений Индонезии [38].

Наиболее перспективным является метод извлечения битума с использованием органических растворителей, позволяющий проводить практически полную экстракцию органической составляющей и получать непосредственно товарные битумы дорожного назначения. При неполном отгоне растворителя из битумного экстракта экстракт можно использовать в качестве жидких дорожных медленно густеющих битумов марок SC по ASTM D 2026—97 (содержание растворителя не более 30%), а также жидких дорожных битумов по ГОСТ 11955—82 (содержание растворителя менее 10 мас. %) [38].

Возможность получения жидких битумов дорожного назначения обусловлена тем, что все исследуемые образцы по технологическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к остаткам, полученным после удаления растворителей. По ГОСТ 11955—82 нормируется температура размягчения (не ниже 28—39° С), по ASTM D 2026—97 нормируется растяжимость при 25° С (не ниже 100), содержание воды (не более 0.5) [38].

В случае полной экстракции с породы и удаления растворителя (по схеме экстракции, использованной при исследовании образцов №1—3) обр. №3 соответствует требовани-

ям ASTM D 312—00 к кровельным битумам типа 1 (нормируется температура размягчения (57—66° С), температура вспышки (не ниже 260° С), пенетрация при 25° С (18—60 0.1 мм), растяжимость при 25° С (не ниже 10), растворимость в хлороформе (не менее 99%) [38].

Следовательно, образец битума №3 может уже использоваться в качестве товарного продукта. Для остальных образцов, а также для получения продуктов другого назначения (дорожные битумы, изоляционные и кровельные материалы, мастики) битумы необходимо модифицировать введением различных добавок [38].

Вследствие низкого содержания масел и высокой вязкости для повышения совместимости битума с модификатором необходимо использовать разжижители. Это могут быть углеводородные масла, а также небольшие количества растворителя (неполный отгон растворителя после экстракции). Общее содержание разжижителей может достигать до 40 мас. % [38].

Месторождения природных битумов на Северо-Востоке Сибирской платформы

На севере и северо-востоке Сибирской региона в слоях докембрия (нижнего и верхнего палеозоя) и в минимальной степени – мезозоя встречается многочисленные месторождения природных битумов. Главные правило создание и распределение месторождений нефтидов для территории рассматривались и определялись историко-геологическими предпосылками создание источников нефтегазообразования в сочетании с созданием крупных зон нефтегазонакопления и дальнейшего нарушения. Причем как те, так и другие изменялись во времени и пространстве, что в конце и определило разнообразие образовавший нефтидов. Историко-геологические предпосылки возникновения очагов нефтегазообразования и формирование зон с крупным нефтегазонакоплением и последующего разрушения способствовали определения основных закономерностей формирования и размещения месторождений нефтидов данного региона, изменение которых привел к образованию многообразных скоплений нефтидов [13].

Обеспечивает этап развития перехода рифтогенного к платформенному, составляет единую плиту с похожими

геодинамическими режимами начинается с рифея на территории северо-востока современной Сибирской платформы и Верхояно-Чукотского складчатого пояса с помощью которого характеризовался кратонизацией коры. Девонский рифтогенез модифицируется и развивается в течении всего палеозоя и триасовой и юрского периода, северо-восточный часть кратона представляет пассивного континентальную окраину.

На платформе в рифее-раннем, чтобы условия накопления осадочных толщ часто были благоприятными в конце палеозое-мезозое и на шельфе континентальным окраине, обогащённый органическими веществами. Нефте- и газогенерационным потенциалы обладает углеродистыми формациями, осадочно-породные бассейны создавались и развивались [13.].

В мезозое были крупной восходящие движения – примерно такой геоструктурный элемент был в кайнозое, похожие в Анабарскую антеклизу, на поверхности и денудации древних горизонтов осадочного чехла привели к заключению, в конце привели широкому распространению продуктов и преобразования гипергенный нефтей: мальт, асфальтов, асфальтитов [13.].

Доколизийный (элизийный) период формирование Верхояно-Чукотского бассейна содействовал миграции генерированных в нем углеводородов в направлении краевых поднятий платформы, для формирования нефтяных,

а впоследствии битумных гигантов нужно создавать удобные условия (Оленекское), похожие по генезису канадскими месторождениями Западной Альберты (Атабаска, Пис-Ривер, Коулд-Лейк) [13.].

Т. К. Баженова, И. С. Гольдберг, А. И. Гусев, К. А. Демкидов, Т. М. Емельянецев, В. Я. Кабаньков, С. А. Кашенко, Б. А. Клубов, Т. Н. Копылова, К. К. Макаров, И. Д. Полякова, Д. С. Сороков и большинство ученых внесли большой вклад в освоении природных битумов в рассматриваемый регионе: [13.].

Геологическая характеристика зон битумонакопления

Анабарская зона битумонакопления. Рассохинское скопление на северном склоне Анабарского свода (рис. 1, А) приурочено к зоне контакта песчаников лабазтахской и бурдурской свит рифея с доломитами нижнего кембрия. Залежь контролируется поверхностью стратиграфического несогласия, и по мере размыва лабазтахской свиты битумы концентрируются все в более нижних горизонтах, достигая в устье р. Хастыр (приток Рассохи) ее основания и далее на северо-восток, переходя в бурдурскую свиту. Площадь распространения битумосодержащих песчаников составляет ~ 250 км², мощность ~ 10 — 15 м. Битумы, относящиеся к мальтам, селективно пропитывают прослой и линзы крупнозернистых песчаников и гравелитов, иногда насыщают каверны и поры кембрийских доломитов. Ресурсы битумов Рассохинского скопления ориентировочно могут быть оценены в 200—300 млн. т [13.].

Восточно-Анабарское скопление (см. рис. 1, Б) прослежено на восточном крыле Анабарского свода на расстоянии ~ 200 км по поверхностным выходам насыщенных битумом горизонта венда и нижнего кембрия в бассейне рек Малая и Большая Куонамка [13.].

Характеристики Вендского битумоносного горизонта, приуроченного к эрозионной зоне предкембрийского выветривания, мощность составляет 2—17 м, средняя пористость карбонатов – 9—13%, проницаемость – 6—30 10^{-3} мкм², коллектор трещинно-порово-кавернозного типа. Содержание битума в породах составляет 0.7—1.0, реже до мас. %.

Разрез нижнего кембрия (чабурского горизонта) характеризуется несколькими битумоносными горизонтами [13.]:

– Базальными песчаниками мощностью 5 м с содержанием битума 2—2.2 мас. %.

– Известняками и доломитами нижней и верхней пачек мощностью ~40 м с коллектором трещинно-порово-кавернозного типа, с низким содержанием битума – до 1.24 мас. %.

– Пластами песчаников верхней части чабурского горизонта со суммарной мощностью 12 м и содержанием битума до 3.5 мас. %. Экранирование битумоносного комплекса осуществляется с помощью толщей глинисто-мергелистых известняков, венчающей разрез алданского яруса. По своему составу битумы Восточно-Анабарского скопления относятся к асфальтитам (преимущественно песчаным), асфальтам (преимущественно карбонатным).

Полоса битумонакопления в отложениях венда-нижнего кембрия, встречаемая на моноклиналином склоне, представляет собой лишь фрагмент существенного палеоскопления нефти, занимавшего часть ныне размытого Анабарского сво-

да. Битумо-насыщенные породы погружаются в моноклиналах к востоку, в сторону наиболее погруженной части Суханской впадины, где возможно образуются менее измененные и более концентрированные скопления уже не битумов, а тяжелых нефтей. По экспертной оценке, битумсодержащие породы площадь распространяются по площади около 6000 км² с ресурсами в 2—2.3 млрд т битума [13.].

Силигир-Мархинское скопление битумов (см. рис. 1, В) является наиболее крупным полем природных битумов в отложениях силигирской свиты среднего кембрия и в верхнем кембрии. Описане его был сделан К. К. Макаровым на южном склоне Анабарской антеклизы, в бассейне верхнего течения Силигира и Мархи [13.].

Проявления битумов группируются в полосу шириной 40—50 и протяженностью 210 км, ориентированную в северо-западном направлении. В естественных обнажениях битумы образуют натеки по плоскостям наслоения и многочисленным трещинам, выполняют поры и каверны, межзерновое пространство в известняках, обладающих пористостью более 6—8%. В скважинах района кимберлитовых трубок и в Мархинских колонковых скважинах интенсивные проявления битумов прослеживаются до глубины 500 м и более. Суммарные ресурсы битумов Силигир-Мархинского поля оцениваются в 2 млрд. т. [13.].

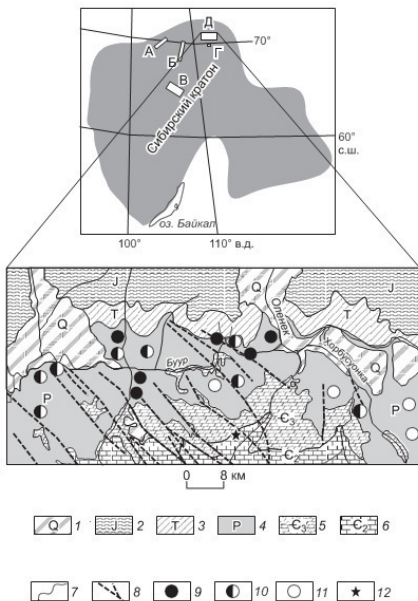


Рис. 1. Схема расположения скоплений (месторождений) природных битумов на севере Сибирского кратона и геологическая карта Оленекского месторождения битумов:

Скопления и месторождения битумов (А – Рассохинское, Б – Восточно-Анабарское, В – Силигир-Мархинское, Г – Центрально-Оленекское, Д – Оленекское)

1 – четвертичные отложения, 2 – юрские, 3 – триасовые, 4 – пермские, 5 – верхнекембрийские (лапарская свита), 6 – среднекембрийские (тюессалинская свита); 7 – границы вы-

хода разновозрастных отложений; 8 – разломы; 9—11 – концентрации битумов в пермских отложениях (мас. %): 9 – 5%, 10 – 2—5%, 11 – <2%; 12 – среднекембрийские жильные скопления битумов

Гидрогеологические скважины, пробуренные в последние годы в Далдыно-Алаakitском районе, дали новые интересные материалы по распространению нефтебитумопроявлений во вмещающих осадочных породах и в кимберлитовых телах. Здесь наряду с битумопроявлениями при опробовании скважин были получены малодобитные притоки высоковязких нефтей.

Нефте- и битумопроявления в скважинах южного куста тр. Удачная отмечаются с глубин 100—150 м до забоя (1500 м). Увеличение степени насыщения происходит до глубины 700 м. Толщина насыщенных участков изменяется от долей метра до первых метров. В скважинах западного куста в интервале 100—650 м нефтенасыщенность слабая, в виде редких зон по кавернам и проницаемым участкам. С 650 до 900 м насыщенность более обильна; здесь фиксируются прослой хороших коллекторов, сплошь насыщенные нефтью, достигающие толщины в 1 м. Интенсивно нефтенасыщен интервал 1180—1475 м: здесь толщина обильно пропитанных участков достигает 11 м [13.].

Рудное тело трубки также характеризуется обилием нефте- и битумопроявлений. Битум и нефть в кимберлитах

зафиксированы в зонах трещиноватых и брекчированных структур, в кальцитовых жилах, кавернах, по поверхностям скольжения и на контакте кимберлитового тела с вмещающими породами, хотя неоднократно отмечались проявления и во внутренних частях трубки [13.].

Оленекская зона битумонакопления. Централь-но-Оленекское месторождение битумов расположено в сводовой части одноименного поднятия (см. рис. 1, Г) и наиболее хорошо изучено по левобережью р. Оленек в приустьевой части р. Керсюке. Здесь венд-кембрийская кесюсинская свита со стратиграфическим несогласием перекрывает кавернозные доломиты туркутской свиты венда, в основании имеет базальную пачку гравелитов и песчаников с линзами мелкогалечных конгломератов [13.].

Базальный горизонт избирательно пропитан битумом, который также играет роль цемента. В этом случае породы приобретают темно-серую и темно-коричневую окраску и имеют характерный асфальтовый запах [13.].

Текстуры битумонасыщения массивные и полосчатые, реже – пятнистые. Концентрация битума в зависимости от степени насыщения колеблется в значительных пределах. Максимальные значения достигают 2% от веса породы, но наиболее часты значения в интервале 0.3—1.5%. Мощность зон сплошного битумонасыщения колеблется от 0.3 до 4 м. Подстилающие доломиты также насыщены битумом, заполняющим каверновые полости. Ресурсы битумов составляют ори-

ентировочно 150—200 млн. т. [13.].

Оленекское скопление (месторождение) природных битумов на северном склоне одноименного поднятия связано преимущественно с пермскими терригенными отложениями платформенного крыла Лено-Анабарского прогиба и в меньшей степени – с подстилающими их верхнекембрийскими карбонатными породами (см. рис. 1, Д). В последнем случае, наряду с пропитанными битумами кавернозными доломитами верхнего кембрия (лапарская свита), отмечаются трещинные проявления асфальтов и асфальтитов в кальцитовых жилах, пересекающих средне- и верхнекембрийские карбонатные отложения [13.].

Залежи природных битумов в пермских отложениях прослежены по поверхностным обнажениям на расстояние около 120 км в бассейнах нижнего течения р. Оленек и его притоков – рек Буур, Хорбусуонка и других. По падению пород к осевой части Лено-Анабарского прогиба горизонты битуминозных пород протягиваются на расстояние более 50 км до скв. Р-50 глубиной 1050 м. В разрезе последней вскрыты девять горизонтов с битумами, в поднятом керне отмечались проявления жидкой нефти (рис. 2) [13.].

В 1966—67 гг. на Усть-Буурском участке месторождения с целью предварительной оценки запасов и перспектив использования оленекских битумов было дополнительно пробурено 20 колонковых скважин [13.].

Пермские отложения, содержащие основную массу битум-

мов месторождения, трансгрессивно перекрывают доломиты лапарской свиты верхнего кембрия и представлены разнозернистыми полимиктовыми песчаниками дельтового и мелководно-морского генезиса, чередующимися с пачками переслаивания мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов [13.].

В районе выходов на поверхность пермские слои залегают почти горизонтально, по мере погружения под мезозойские образования на северо-восток углы наклона несколько увеличиваются до 1—2°. Общая мощность пермских отложений в обнажениях оценивается в 100—150 м, в северном и северо-восточном направлениях она возрастает и в скв. Р-50 достигает 340 м. Пермские отложения со стратиграфическим несогласием перекрываются глинистыми породами нижнего триаса [13.].

В разрезе перми выделяются 13 песчаниковых и алевроаргиллитовых пачек (см. рис. 2). Две нижние присутствуют лишь в разрезе скв. Р-50, а на Усть-Буурском участке они выклиниваются. Наиболее выдержанной песчаниковой пачкой является пятая (Р1-V), мощность которой в определенных разрезах достигает 45 м. В седьмой песчаниковой пачке (Р1-VII) битумонасыщенные разности пород наиболее выдержаны по площади [13.].

Мощность зон сплошного битумонасыщения в этой пачке достигает 15 м, а концентрации битумов достигают 10%. Обычно же распределение битумов неравномерно и в боль-

шинстве случаев контролируется коллекторскими свойствами пород [13.].

Средние содержания битумов в насыщенных горизонтах песчаников для всего месторождения оцениваются в 3.5%. По групповому углеводородному составу большая их часть по классификации В. А. Успенского и др. относится к асфальтитам и асфальтам [13.].

Ресурсы битумов подсчитаны отдельно для Усть-Буурского участка и для всего месторождения в целом с различной степенью достоверности. Прогнозные запасы битумов по всему Оленекскому месторождению подсчитаны для площади, южная граница которой совпадает с выходами битуминозных пермских пород на поверхность от р. Олонгдо на востоке до р. Тонолдо на западе. Северная граница проведена по широте скв. Р-50. Размер площади 4800 км². Для пластов с содержанием битума выше 2% запасы оцениваются в 1.3 млрд т, для менее концентрированных битумов (0.1—2%) – в 2.2 млрд т. Вероятно, эти цифры являются несколько заниженными, так как битумы лапарской свиты в расчет не принимались. Для Усть-Буурского участка запасы битумов подсчитаны по промышленным категориям и определены в 18 млн. т. [13.].

Келимярское (Кулумасское) битумопроявление известно на правом берегу р. Оленек, в двух километрах ниже устья р. Кулумас. Здесь среди глинисто-алевролитовой толщи келимярской свиты (средняя юра) в конкрецеобразном про-

1 – доломиты, 2 – конгломераты, 3 – песчаники, 4 – алев-
ролиты, 5 – аргиллиты,
6 – битумонасыщенные.

Геохимия природных битумов Оленекского поднятия

Данные геохимических исследований природных битумов вышеописанных месторождений и отдельных битумопроявлений изложены в работах. Ниже мы остановимся лишь на результатах, полученных в последнее время при детальных исследованиях молекулярного состава оленекской коллекции [13.].

Методы геохимических исследований. Хлороформенные экстракты из битуминозных пород после осаждения асфальтенов избытком петролейного эфира разделялась на метаново-нафтеновые и нафтеново-ароматические углеводороды, бензольные и спиртобензольные смолы на хроматографических колонках с силикагелем АСК + оксид алюминия. Границы между фракциями отбивались по показателю рефракции и свечению в ультрафиолетовом излучении [13.].

Хромато-масс-спектрометрические исследования насыщенных углеводородов проводились на системе, включающей газовый хроматограф 6890, имеющий интерфейс с высокоэффективным масс-селективным детектором Agilent 5973N. Хроматограф снабжен кварцевой капиллярной колонкой длиной 30 м, диаметром 0.25 мм, импрегнированной фазой HP-5MS. В качестве газа-носителя служил гелий со скоростью потока 1 мл/мин. Температура испарителя 320°

С, ввод пробы при 100° С, изотермическая «площадка» длительностью 4 мин. Программирование подъема температуры осуществлялось от 100 до 290° С со скоростью 4° С/мин с последующей изотермой в течение 30 мин. Ионизирующее напряжение источника – 70 эВ, температура источника – 250° С. Хроматограммы углеводородов получены по общему ионному току (ТИС) и селективным ионам m/z 123, 177, 191 – для ди- и тритерпанов; m/z 217, 218 – для стеранов; m/z 219 – для секостеранов (новые структуры) [13.].

Современный состав всех битумов Оленекского поднятия сформировался в результате окислительных процессов различной степени интенсивности вследствие подъема нефтесодержащих горизонтов в зону гипергенеза или раскрытия залежей дизъюнктивами [13.].

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.