

Для цитирования: Белова Н.А., Страхова Н.А., Цамаева П.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМА ДЛЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016; 42 (3): 144-154. DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-144-154

For citation: Belova N.A., Strahova N.A., Tsamaeva P.S. THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY PRODUCTION OF BITUMEN FOR THE ROAD PAVING. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;42 (3):144-154. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-144-154

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.765

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-42-3-144-154

Белова Н.А.³, Страхова Н.А.¹, Цамаева П.С.²

¹Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,
353918, г. Новороссийск, пр-т Ленина, 93.
e-mail: strakhova_na@mail.ru

²Грозненский государственный нефтяной технический университет имени
академика М.Д. Миллионщикова,
г. Грозный, ул. Х.А. Исаева 100.
e-mail: ayub_777@mail.ru

³Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Астрахань, ул. Татищева, 18.
e-mail: astra.belova@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМА ДЛЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. Цель. Аналитически обобщить особенности развития технологии производства битума для дорожных покрытий. Выявить преимущества применения в дорожном строительстве нефтяных (искусственных) битумов, получаемых переработкой нефтяного сырья. Методы. Современные разработки в области производства битумов дорожных марок ведутся с использованием такого технологического приема как химическое активирование тяжелого нефтяного сырья, принципы которого базируются на регулировании энергии межмолекулярного взаимодействия и оптимизации их дисперсности, позволяющих повысить качество битумов. Результаты. Регулируя глубину отбора окисленного продукта, можно получать различные по компонентному составу, пластичности и теплостойкости битумы. Остаточные битумы, полученные по двухстадийному окислению с последующей вакуумной перегонкой окисленного продукта, соответствуют ГОСТ БНД 60/90. Вакуумный газойль при производстве остаточных битумов соответствует моторному топливу для судовых установок. Вывод. Внедрение новых технологий при переработке остаточных компонентов нефтей, основанных на активировании сырья за счет физического и химического воздействия, с применением современного оборудования, включая аппараты, использующие кавитационные эффекты, ультразвуковые и электромагнитные поля, и др., позволяет получать качественные дорожные битумы из большинства нефтей, считавшихся ранее непригодными для производства битумов.

Ключевые слова: нефтяные битумы, природный асфальт, черные покрытия, битумное производство, российский рынок, дорожное строительство, химическое активирование тяжелого нефтяного сырья, кавитационные эффекты, ультразвуковые и электромагнитные поля, качественные дорожные битумы

Natalia A. Belova³, Nina A. Strahova¹, Petimat S. Tsamaeva²,
¹State University Marine Admiral Ushakov,
93 Lenina str., Novorossiysk, 353918,

e-mail: strakhova_na@mail.ru,
²Grozny State Oil Technical University Academician M.D.Millionshtchikov,
100 H. A. Isayev str., Grozny,
e-mail: ayub_777@mail.ru,
³Astrakhan State Architectural-building University,
18 Tatischeva str., Astrakhan.
e-mail: astra.belova@mail.ru

THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY PRODUCTION OF BITUMEN FOR THE ROAD PAVING

Abstract. Aim. The oil (artificial) bitumens, got by conversion of the oil cheese, are broadly used in the road construction. The track record of the development road covering, studies, bound with improvement their characteristic and development of the competitions among technology is presented in this article. **Methods.** Nowadays the modern developments in the field of production bitumen road marks are implemented using such technological-go acceptance as chemical actuated heavy oil cheese, which principles are based on regulation of the energybetween molecular interactions and optimization their dimensionality, allowing raise quality bitumen. **Results.** Adjusting the depth of recovery of the oxidized product, it is possible to obtain different composition, plasticity and heat resistance of the bitumen. The residual bitumen obtained by two-stage oxidation with subsequent vacuum distillation of the oxidized product comply with GOST 60/90. Vacuum gas oil in the production of residual bitumen corresponds to the motor fuel for marine installations. **Conclusion.** Today, the bitumen production leaves on positions packed-valuable segment oil processing industry. The Main customer roads - a state. Herewith important role as ideologues of the development of the culture road construction plays the Federal road agency, supporting developing competition amongst leading technology. Introduction new technology at conversion remaining component oils, founded on do active cheese to account physical and chemical of the influence, with using the modern equipment, including equipment, using subject to influence effects, ultrasonic and electro-magnetic fields, and others, allows to get the qualitative road bitumens from majority of the oils, scanned earlier unfit for production bitumen.

Key words. The Oil bitumens, natural asphalt black covering, bitumens production, russian market, road constructionu, chemicalactive influence heavy oil cheese, small dimensionality effects, ultrasonic and electromagnetic fields, qualitative bitumens

Введение. Сегодня технический прогресс невозможно представить без развития автомобильного транспорта и строительства скоростных автомобильных магистралей. В связи с этим нефтяной битум как товарный нефтепродукт и связующий материал для приготовления асфальтобетона, востребован в народном хозяйстве страны.

В дорожном строительстве широко применяют нефтяные (искусственные) битумы, получаемые переработкой нефтяного сырья.

Искусственные (технические) битумы – остаточные продукты переработки нефти, каменного угля и сланцев. По составу они сходны с природными битумами. Природные битумы представляют собой вязкое смолистое вещество, образующееся из тяжелых фракций нефти в результате длительного выветривания. Встречается в виде пластовых жильных залежей, а также озер в местах естественного выхода нефти на поверхность земли [1].

Постановка задачи. Первое обозначение битума происходит от слова «jatu» (санскрит), что означало смолу, выделяющуюся из некоторых деревьев, которое со временем трансформировалось в «Gvitymen» (смолистый, липкий), а в латинском языке, оно упростилось до «bitumen» и со временем перешло во все европейские словари [2].

Использование природных битумов (асфальтов) известно еще на заре цивилизации. Самое древнее сооружение с применением природного асфальта — битумсодержащей породы было обнаружено в Индии [3]. Это бассейн, облицованный асфальтом, в городе Мохенджо-Даро, возраст которого превышает 5 тыс. лет.

Известно применение природных битумов – асфальтов в качестве клеящего материала в 2500–3000 годах до н. э. народом, населявшим долину Евфрата. В качестве строительного материала битум применяли вавилоняне (700–500 лет до н. э.) для возведения внутренней и внешней стен Вавилона. В царствование Семирамиды (около 700 лет до н. э.) был построен тоннель под Евфратом в Вавилоне длиной около 1 км из жженных кирпичей, покрытых битумом. Асфальт был также использован при строительстве знаменитых висячих садов Семирамиды [2,3]. В этих садах сооружали пруды и фонтаны, где гидроизоляционным материалом служил природный асфальт.

В Вавилоне существовала дорога из асфальтовых каменных плит и первым ее строителем считают Набополассара - отца Навуходоносора (625–604 г. до н.э.). Навуходоносор использовал опыт своего отца и при строительстве дворца в Вавилоне соорудил ограждающую стену от вод Евфрата, а также фундамент из жженого кирпича и асфальта [3].

В Древнем Египте 5000 лет назад пол и стены в амбарах для хранения зерна покрывали асфальтом. За 400–500 лет до нашей эры в Мидии стены крепостей строились из кирпичей, скрепляемых битумом. На битуме возводились первые участки Великой китайской стены. Битумы и асфальты использовались для строительства зданий и башен, водопроводных и водосточных каналов, туннелей, а в медицине для мумификации трупов и др. [3,4].

В XIX веке улицы всех городов мира в городах мостились камнями, и лишь в период 1832 – 1835 гг. упоминается опыт по мощению городских улиц и тротуаров Парижа асфальтом. Позже, в 1835–1840 гг., битумы нашли применение при устройстве дорог Лондона, Вены, Лиона, Филадельфии и других городов [3].

В связи с открытием месторождений битумсодержащих пород во Франции, Швейцарии, Германии, в 1700–1800 гг. в Западной Европе начинаются работы по их применению в устройстве полов, тротуаров и гидроизоляции. В 1835 г. были уложены первые тротуары в Париже, затем в Лондоне, через три года в Филадельфии [3]. С середины XIX века во Франции, США, Швейцарии и других странах дорожное покрытие начинают делать из битумно-минеральных смесей. Так, первое асфальтобетонное покрытие впервые применили во Франции для покрытия тротуаров Королевского моста в Париже.

В Российской империи первое асфальтовое покрытие тротуаров было осуществлено в 1866 г. в Петербурге, и в 1869 г. – в г. Кронштадте с использованием ганноверской битуминозной породы, хотя к этому времени было уже открыто несколько месторождений битумосодержащих пород в России. Первое из них (битуминозные известняки) было открыто в Сызрани в 1724г., а в 1871 г. в этом городе стало функционировать предприятие по изготовлению асфальтовой мастики [3]. Уже в следующем году асфальт стали довольно широко использовать на обычных питерских улицах, площадях и во дворах, а к 1880 году им были прокрыты многие улицы в Кронштадте, Москве, Риге, Харькове, Киеве и Одессе [4].

В США литой асфальт, приготовленный с использованием природных битумов, впервые применили в 1876 году. Затем, в 1892-м, индустриальным методом была построена первая дорожная конструкция шириной 3 метра, а еще через 12 лет с помощью гудронатора со свободным истечением горячего битума построили 29 км дороги [3].

Большим стимулом для развития нефтяной промышленности стало появление автомобилей (1896 г. – собран первый автомобиль Г. Форда). Первые автомобили появились в России в 1901 г. Вскоре возникла проблема приспособления существующей дорожной сети к одновременному пропуску гужевых повозок и автомобилей. Появился термин «автогужевые дороги»

[4,5]. Объем строительства таких дорог до первой мировой войны был незначителен, преимущественно по стратегическим направлениям к границам и для занятия безработных из голодных губерний. Так в 1891- 1995 г.г. было построено так называемое «голодное шоссе» от Новороссийска до Сухуми [5,6]. Девяносто тысяч голодающих крестьян принимало участие в строительстве шоссе вдоль берега моря.

Только в 1924 году оно было покрыто щебенкой, в конце тридцатых годов местами покрыто асфальтом, в пятидесятые – шестидесятые годы двадцатого столетия значительно расширено [5]. Протяженность дорог с твердыми покрытиями (булыжные мостовые, щебеночные и гравийные) не достигала 21 тыс. км; дорог с покрытиями капитального типа не было совсем. После окончания гражданской войны было построено много грунтовых дорог, названных населением «грейдерами». Однако оставленные без систематического надзора и ухода они быстро разрушались [4].

Для бурно развивавшейся автомобильной индустрии лучшим решением по обустройству дорожного покрытия оказался асфальт (асфальтобетон). Дороги, покрытые асфальтом, изготавливались с использованием искусственных битумов.

Битумы получали окислением воздухом тяжелых остатков перегонки нефти при температурах 240°-300°С. Впервые в промышленных масштабах окисленные нефтяные битумы начали производить в 1844 г. (по предложению Ж.Г. Биерлея) путем барботажа воздуха через слой нефтяных остатков при 204° и 316 °С [7].

Россия ввозила асфальт из Германии и Америки. Впервые окисленный битум был получен в 1914 г. в Грозном. Развитие производства окисленных битумов в СССР началось с 1925 г. в г.Баку [7].

Зарождение дорожной индустрии в России можно отнести к 20 годам прошлого столетия, когда для решения проблемы дорог создавались специальные управленческие структуры при Наркомате путей сообщения. В 1923 году при Народном комиссариате путей сообщений (НКПС) создается дорожное исследовательское бюро - начало исследований земляного полотна. Возникли исследовательские станции на Северном Кавказе, в Поволжье и на Дальнем Востоке. С 1925 г. начали строить первые усовершенствованные покрытия на загородных дорогах (Крым) с применением дегтя, а затем битума. В 1925 г. на Всероссийском съезде работников промышленности строительных материалов были приняты номенклатура и классификация органических вяжущих материалов [6].

К 1922-1928 гг. было построено, отремонтировано и реконструировано порядка 4000 км дорог. В 1928 году была разработана первая производственная инструкция по устройству покрытий с применением «битумных» вяжущих материалов при улучшении грунтовых дорог и дорог с щебеночными и гравийными покрытиями, которые обеспечивали нормальный проезд автомобилей [4]. В 1928 г. началось строительство асфальтобетонных покрытий в крупных городах, а затем и на загородных дорогах. В 1930 г. в Москве была сооружена эмульсионная база, которая с 1931 г. начала вырабатывать дорожные эмульсии, а в 1932 г. был построен первый в СССР завод холодного асфальта. В 1931 г. были утверждены и изданы первые при Советской власти «Технических условиях, правилах и нормах для изысканий, проектирования, постройки, ремонта и содержания автогужевых дорог и мостовых сооружений на них». В этих документах наряду с другими содержались требования к дорожным материалам. В 1938 г. были разработаны технические условия, а позднее ГОСТ на вязкие и жидкие дорожные битумы [3].

Быстрое развитие автомобильного транспорта России в годы перед началом Второй мировой войны потребовало корректировки дорожной политики в сторону увеличения удельного веса строительства усовершенствованных гудронированных, асфальтобетонных и цементобетонных покрытий. Эта политика начала реализовываться в начале третьей пятилетки (1938-1942 гг.), когда темпы развития сети дорог с твердым покрытием существенно возросли, широ-

кое распространение получил метод народной стройки дорог [4]. Строительство дорог не останавливалось и в период Великой Отечественной войны.

В первые годы после войны основные усилия были направлены на восстановление, ремонт и реконструкцию разрушенных дорог, а затем на строительство новых. Народное хозяйство начало восстанавливаться и уже в 1948 г. производство автомобилей превзошло довоенный уровень, а в 1950 г. превысило его в два раза. Получила свое развитие и дорожная сеть. Были построены и реконструированы крупные автомагистрали, возрастала доля усовершенствованных покрытий (асфальтобетонных, чернотравяных и чернотравяных) в общей протяженности строящихся дорог [6].

В 1936 году на базе дорожного института РСФСР (г. Москва) создан Дорожный научно-исследовательский институт (ДОРНИИ) с функциями центрального научно-исследовательского института. В 1938 г. институтом были разработаны технические условия, а позднее государственные общесоюзные стандарты на вязкие и жидкие дорожные битумы.

В 1953 году ДОРНИИ переименован в Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (СоюзДОРНИИ) и передан Министерству автомобильного транспорта и шоссейных дорог СССР [3,7]. Ученые СоюзДОРНИИ внесли большой вклад в дальнейшее развитие исследований и строительство дорог с применением органических вяжущих материалов. Институт проводил исследования в области цементобетонных покрытий, черных покрытий и материалов, искусственных сооружений, механизации дорожных работ, по вопросам проектирования, по ремонту и содержанию дорог. Велись исследования в Ленинградском, Омском, Ташкентском и Алма-Атинском филиалах. Исследования, направленные на получение высококачественного органического вяжущего материала для дорожного строительства на основе битумов, начаты в СоюзДОРНИИ в 1966 году по инициативе д.т.н. А.С. Колбановской.

Башкирский научно-исследовательский институт по переработке нефти – БашНИИ НП (ныне ГУП «ИНХП РБ») был создан приказом Министра нефтяной промышленности № 258 от 12 апреля 1956 г на базе отдела переработки нефти УфНИИ [3]. Организатором и первым директором БашНИИ НП стал А. С. Эйгенсон – один из ведущих ученых страны в области нефтепереработки. В 60-е годы институт становится ведущим в отрасли научным учреждением, определяющим перспективу развития производства нефтяных битумов.

Одним из крупных решений стало постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О плане строительства автомобильных дорог на 1959-1965 годы», в котором впервые был установлен дополнительный источник финансирования в виде целевых отчислений на строительство дорог республиканского и областного значения в размере 2 % от доходов по эксплуатации автомобильного транспорта [6].

Указанные решения создали базу для развития и совершенствования битумного производства и дорожной сети с начала семилетки и в последующие годы.

К 1970 году производство нефтяных битумов в СССР достигло значительного развития. Так по сравнению с 1938 годом производство битумов в 1958 году увеличилось в 10; в 1965 г. почти в 20, 1970 г. в 30 раз. Производство нефтяных битумов во всем мире в 1970 г. составило более 50 млн. т, в том числе в США 32,6 млн. т. [6].

Процесс окисления битумов осуществляется в аппаратах разного типа: кубах периодического действия, трубчатых змеевиковых реакторах и пустотелых колоннах непрерывного действия. В 1920-1930 гг. в США для получения окисленных битумов вместо кубов периодического действия были предложены непрерывно действующие трубчатые змеевики. В СССР метод пенного окисления нефтяных остатков в трубчатых змеевиковых реакторах был использован лишь в 1950-1960 гг. [5]. Окисление в кубах осуществляют на старых установках или при производстве малотоннажных высокоплавких строительных марок битумов.

В последние годы широко применяются полые окислительные колонны в качестве реакторов непрерывно действующих битумных установок. Ученые БашНИИ НП (Грудников И.Б., Фрязинов В.В., Ахметова Р.С. и др.) внесли существенный вклад в развитие технологии и аппаратного оформления процесса производства окисленных битумов [8]. В СССР внедрение окислительных колонн началось в 1970-х годах после отработки данной технологии под руководством Р.Б. Гуна на опытно-промышленной установке Московского НПЗ [5].

Региональная структура рынка битумов сложилась еще при СССР, когда были построены крупнейшие нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). Сегодня битумное производство выходит на позиции полноценного сегмента нефтеперерабатывающей промышленности.

Из-за особенностей состава российских нефтей, требований государственных стандартов к качеству товарной продукции и исторически сложившейся ситуации наиболее распространенным способом получения нефтяных битумов на отечественных НПЗ является жидкофазное окисление тяжелых нефтяных остатков [8,9]. Основным сырьем для процесса служит гудрон, к которому в различных соотношениях могут быть добавлены затемненный остаток вакуумной перегонки нефти, экстракты селективной очистки масел, асфальты деасфальтизации, висбрекинг-остатки и др.

В 80-годах прошлого века начаты исследования в области получения вязущих материалов на основе битума путем введения в битум эластомеров, каучуков, латексов, термоэластомеров. Уделялось большое внимание разработке различных марок битумов для производства горячей, теплой и холодной асфальтобетонных смесей. Нефтеперерабатывающая промышленность выпускала 2-3 марки вязких битумов и 2-3 марки жидких медленногустеющих битумов. Ограниченность выпуска битумов по маркам затрудняло строительство дорожных покрытий в различных климатических условиях, а также использование местных минеральных материалов [10].

В период 1986-1990 гг. ежегодные объемы строительства и реконструкции дорог общего пользования составляли от 8 до 12 тыс. км. Это были наивысшие темпы дорожного строительства в России [6]. Однако достигнутый на конец XX века уровень развития дорожной сети России далеко не соответствовал потребностям социально-экономического развития страны.

В развитии технологии производства битума заложен большой труд профессоров П.В. Сахарова, П.Н. Шестакова, Н.В. Орнатского, А.А. Милашечкина, И.И. Прокофьева, Л.Л. Афанасьева, В.Ф. и др. [6]. К числу наиболее крупных обобщений и исследований в области асфальтобетона относятся работы Л.Б. Гезенцева, Н.В. Горельшева, И.В. Королева, А.Н. Богуславского, А.В. Руденского, В.А. Золотарева, В.Н. Кононова, Б.И. Ладыгина, Я.В. Ковалева, В.Н. Яромко, В.В. Михайлова и др.

Большое значение для повышения качества и долговечности черных покрытий имели исследования, связанные с улучшением свойств дорожных битумов и с применением поверхностно-активных веществ (В.В. Михайлов, А.С. Колбановская, Р.С. Ахметова и др.) [6].

В исследованиях зарубежных авторов теоретически обоснованы и сформулированы требования к дорожным битумам, определены оптимальные структуры для различных типов, даны предложения по технологии получения битумов оптимальной структуры с учетом природы перерабатываемой нефти [12,14].

Исследования в области поверхностно-активных и модифицирующих веществ позволили научно обосновать механизм их действия на свойства битума и битумо-минеральных материалов и показать их огромное влияние на повышение водоустойчивости, морозоустойчивости черных покрытий (В.В. Михайлов, И.М. Руденская, Д.А. Розенталь, Л.М. Гохман, И.А. Плотникова и др.) [6].

Методы исследования. В настоящее время современные разработки в области производства битумов дорожных марок ведутся с использованием такого технологического приема

как химическое активирование тяжелого нефтяного сырья, принципы которого базируются на регулировании энергии межмолекулярного взаимодействия и оптимизации их дисперсности, позволяющих повысить качество битумов [13].

Например, в работе [11] для выяснения влияния электромагнитной обработки в аппарате вихревого слоя (АВС) на структурные превращения мазута - прямогонной фракции, используемой в качестве битумного сырья, был определен групповой состав исходного мазута и после обработки при различных температурах (таблица 1).

Таблица 1 - Групповой состав высокопарафинистого мазута после обработки в АВС

Углеводороды, масс.%	Исходный мазут	Температура обработки, °С					
		34	90	140	180	220	300
арафинонафтеновые (ПНУ)	39,1	38,9	37,1	35,8	31,7	29,2	25,3
моноциклоароматические	21,5	20,3	19,9	19,6	18,4	17,6	21,4
бициклоароматические	21,0	21,4	19,1	19,2	19,1	16,7	15,9
полициклоароматические	2,9	2,1	5,1	5,4	6,4	7,8	6,8
сумма масел	85,6	82,7	81,2	80,0	75,6	71,3	67,5
смолы толуольные	1,7	4,3	5,4	4,3	5,6	4,2	7,0
смолы спиртолуольные	10,6	10,2	10,3	12,2	13,7	11,8	12,5
сумма смол	12,3	14,5	15,7	16,5	19,3	16,0	19,5
асфальтены	2,1	2,8	3,1	3,5	5,1	9,7	13,0
САВ (смолы +асфальтены)	14,4	17,3	18,8	20,0	24,4	25,7	32,5

В таблице 2 приведено изменение группового состава при окислении активированного битума при 100°С.

Таблица 2 - Изменение группового состава при низкотемпературном окислении активированного мазута

Компоненты, % масс.: углеводороды	Исходный мазут	Продолжительность окисления, час.		
		1	3	5
парафинонафтеновые (ПНУ)	32,8	35,6	23,4	21,2
моноциклоароматические	19,4	19,7	18,3	16,7
бициклоароматические	10,2	8,8	8,5	9,7
полициклоароматические	11,8	9,1	10,8	8,8
смолы толуольные	11,5	10,5	14,7	16,5
смолы спиртолуольные	9,1	10,8	18,4	21,0
асфальтены	5,2	5,5	5,9	6,1

Как видно из приведенных данных по мере окисления происходят существенные изменения в химическом составе продукта.

Поскольку активированный мазут характеризуется низким содержанием спиртолуольных смол и асфальтенов, что может свидетельствовать о незначительных количествах функциональных кислородсодержащих групп, то низкотемпературное окисление привело бы к накоплению активных О-содержащих соединений в окисляемом продукте. Наблюдается уменьшение парафинонафтеновых углеводородов (ПНУ) и увеличение смол, наибольший прирост которых приходится на спиртолуольные смолы. Их содержание увеличилось более чем в 2 раза. Очевидно, окисленные ПНУ при хроматографическом разделении определились как спиртолуольные смолы. Повышение температуры размягчения идет ступенчато и, наибольшее ускоре-

ние процесса окисления наблюдается после 3 часов окисления. При высокотемпературном окислении рост температуры размягчения битумов происходит также неравномерно: медленно в течение трех часов до значения 34°C, затем в течение часа - до 40-42°C.

Данные по изменению группового состава окисленного битума приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Изменение группового состава окисленного продукта при 275°C

Компоненты, % масс.: углеводороды	Исходный мазут	Продолжительность окисления, час.		
		1	3	4
парафинонафтеновые (ПНУ)	21,2	18,5	20,0	29,0
моноциклоароматические	16,7	13,5	18,4	15,0
бициклоароматические	9,7	12,0	18,6	19,4
полициклоароматические	8,8	20,5	12,0	8,0
смолы толуольные	16,5	13,0	10,7	11,7
смолы спиртолуольные	21,0	14,3	9,5	4,5
асфальтены	6,1	8,2	10,8	12,4

Как видно из приведенных данных (табл.3), при окислении наблюдается увеличение ПНУ, что, очевидно, связано со структурной перестройкой смолистоасфальтеновых веществ (САВ) и уменьшением полярности компонентов, входящих в состав спиртолуольных смол (уменьшается их количество), а также протеканием реакций декарбоксилирования, дегидрирования и легкого крекинга. Наряду со смолами существенным превращениям подверглись и полициклоароматические соединения, очевидно, за счет этих компонентов наблюдается рост концентрации асфальтенов. Дальнейшее окисление продукта приводит к образованию битума со свойствами характерными для битумов, полученных из лёгкого сырья, которые наряду с высокой температурой размягчения обладают и высокой пластичностью.

С целью получения битумов дорожных марок, окисленные продукты подвергались вакуумной перегонке.

Обсуждение результатов. Как показали исследования, регулируя глубину отбора окисленного продукта, можно получать различные по компонентному составу, пластичности и теплостойкости битумы (таблицы 4 и 5).

Таблица 4- Изменение компонентного состава окисленного битума от глубины отбора фракций

Компоненты, % масс.: углеводороды	Глубина отбора, % мас.		
	25	30	35
парафинонафтеновые (ПНУ)	25,0	19,7	18,5
моноциклоароматические	17,0	14,5	15,2
бициклоароматические	14,7	15,7	14,8
полициклоароматические	5,3	6,3	6,4
смолы толуольные	7,5	10,7	11,2
смолы спиртолуольные	14,3	15,1	15,0
асфальтены	16,2	18,0	18,9

Из данных таблицы 4 видно, что по мере отбора фракций наблюдаются и изменения в компонентном составе битумов: уменьшается фракция ПНУ и возрастает концентрация САВ, соотношение которых обеспечивает комплекс, необходимых структурно-механических свойств, обеспечивающих требуемое количество битумов.

Вакуумный газойль, полученный по описанной технологии, по содержанию серы отличается от газойля вакуумной перегонки исходного сырья, концентрация которого составила 0,8% мас., что почти в 4 раза меньше чем в вакуумном газойле газоконденсатного мазута. По

основным характеристикам вакуумный газойль при производстве остаточных битумов соответствует моторному топливу для судовых установок.

В таблице 5 приведена характеристика остаточных битумов при различной глубине отбора фракций.

Таблица 5 -Характеристика остаточных битумов в зависимости от глубины отбора фракций

Наименование показателя	Значение показателя при глубине отбора, % мас.		
	25	30	35
Пенетрация, 0,1мм при температуре:			
25° С	160	105	62
0° С	40	34	30
Температура, ° С:			
Размягчения	48	56	62
Хрупкости	-20	-19	-18
Вспышки	230	234	240
Дуктильность, см при:			
25°С	76	70	65
0°С	8,1	6,5	5,5
Изменение температуры размягчения после прогрева при 160°С в течение 5 часов	4	5	5

Как видно из показателей таблицы, остаточные битумы, полученные по двухстадийному окислению с последующей вакуумной перегонкой окисленного продукта, соответствуют ГОСТ БНД 60/90.

Вывод. Сегодня битумное производство выходит на позиции полноценного сегмента нефтеперерабатывающей промышленности. Основной заказчик дорог - это государство. При этом важную роль как идеолога развития культуры дорожного строительства играет Федеральное дорожное агентство, поддерживающее развивающуюся конкуренцию среди передовых технологий. Внедрение новых технологий при переработке остаточных компонентов нефтей, основанных на активировании сырья за счет физического и химического воздействия с применением современного оборудования, включая аппараты, использующие кавитационные эффекты, ультразвуковые и электромагнитные поля, и др., позволяет получать качественные дорожные битумы из большинства нефтей, считавшихся ранее непригодными для производства битумов.

Библиографический список:

1. Коршак А.А. Исторические свидетельства о естественных выхода нефти //Территория нефтегаз. 2010. - № 10 - С.86-89.
2. Золотарев В.А., Сотрэ Р., Пыриг Я.И. От природного битума до искусственного асфальтобетона//Автомобильные дороги. 2014.- №5 - С. 66-72.
3. Руденская И.М., Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительства. - М.: Транспорт, 1984. - 229с.
4. Мукаев И.С. Исторические аспекты использования нефтяных битумов в производстве асфальтобетонных смесей: на примере дорожно-строительных предприятий г. Уфы: автореф. дисс. канд. техн. наук: 07.00.10. /Уфа. 2000.- 24с.

5. История Сочи. "Голодное шоссе" [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.privetsochi.ru/blog/history/51788.html>
6. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др.; М.: Информавтор, 2005. - 242 с.
7. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. – М.: Химия, 1973. – 152с.
8. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов. – М.: Химия, 1983. – 192с.
9. Ахметова Р.С., Фрязинов В.В., Торбеева Л.Р. Дорожные битумы нефтеперерабатывающих заводов СССР и современные требования, предъявляемые к их качеству //Высокосернистые нефти и проблемы их переработки. Труды БашНИИ НП. Вып. VIII.- М.: Химия, 1968.- 296 с.
10. Михайлов В.В. О повышении требований к битумам для строительства скоростных дорог //Проблемы производства и применения нефтяных битумов.Труды БашНИИ НП, Вып. XI.- М.: Химия, 1973. – С.7.
11. Страхова Н.А. Получение нефтяных битумов из нетрадиционного сырья: дисс. д-ра техн. наук: 02.00.13. - Астрахань, 2001. – 347с.
12. Selvavathi V., Sekar V.A., Sriram V., Sairam B. Modifications of bitumen by elastomer and reactive polymer - a comparative study. *Pet Sci Technol.* 2002; 20(5-6):535-47.
13. Naskar M., Chaki T.K., Reddy K.S. A novel approach to recycle the waste plastics by bitumen modification for paving application. *Adv Mater Res.* 2012; 356-360:1763-8.
14. Cuadri A.A., García-Morales M., Navarro F.J., Partal P. Isocyanatefunctionalized castor oil as a novel bitumen modifier. *Chem Eng Sci.* 2013; 97:320-7.

References:

1. Korshak A.A. The History certificate about natural leaving the oils. *Territorija neftegaz.* 2010, no.10, pp.86-89. (In Russian)
2. Zolotarev VA, Sotire R, Pyrih F. From natural bitumen before artificial asphalt concrete. *Avtomobil'nye dorogi.* 2014, no.5, pp.66-72. (In Russian)
3. Rudenskaya I.M., Rudenskiy A.V. Organic linking for chemical stroitelstva. *Moscow: Transport,* 1984, 229p. (In Russian)
4. Flour I.S. Istoricheskie aspekty ispol'zovaniya neftyanykh bitumov v proizvodstve asfal'tobetonnnykh smesey: na primere dorozhno-stroitel'nykh predpriyatij. Ufa: avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk: [Historical aspects of the use of bitumen in the manufacture of asphalt mixes: an example of road-building enterprises].07.00.10. Ufa. 2000, 24p. (In Russian)
5. The History exude. "Hungry freeway" [Electronic resource]. Access mode: <http://www.privetsochi.ru/blog/history/51788.html> (In Russian)
6. Vasiliev A.P., Maryshev B.S., Silkin V.V. and others. Stroitel'stvo i rekonstrukcija avtomobil'nykh dorog: Spravochnaja jenciklopedija dorozhnika. [The Construction and reconstruction of the car roads: Reference encyclopedia for roads]. *Moscow: Informavtodor,* 2005, vol.1, 242p. (In Russian)
7. Gun, R.B. The Oil bitumens. *Moscow: Himija [Chemistry],* 1973, 152 p. (In Russian)
8. Grudnikov I.B. The Production oil bitumen. *Moscow: Himija [Chemistry],* 1983, 192p. (In Russian)
9. Ahmetova R.S., Fryazinov V.V., Torbееva L.R. The Road bitumens неф oil processing plant USSR and modern requirements, presented to their quality. Vysokosernistye oils and problems their conversion. The Works BASHNII NP. Issue VIII. *Moscow: Himija [Chemistry],* 1968, 296p. (In Russian)
10. Mihaylov V.V. About increasing of the requirements to bitumen for construction speed roads. Problems production and using oil bitumen. Works BASHNII NP, Issue XI. *Moscow: Himija [Chemistry],* 1973, p.7. (In Russian)

11. Strahova N.A. Poluchenie nefljanyh bitumov iz netradicionnogo syr'ja. [The Reception oil bitumen from not traditional cheese]. DISSERTATION d-ra tehn. Sciences. *Asterkhan*, 2001, 347p. (In Russian)
12. Selvavathi V., Sekar V.A., Sriram V., Sairam B. Modifications of bitumen by elastomer and reactive polymer - a comparative study. *Pet Sci Technol.* 2002; 20(5-6):535-47.
13. Naskar M., Chaki T.K., Reddy K.S. A novel approach to recycle the waste plastics by bitumen modification for paving application. *Adv Mater Res.* 2012; 356-360:1763-8.
14. Cuadri A.A., García-Morales M., Navarro F.J., Partal P. Isocyanatefunctionalized castor oil as a novel bitumen modifier. *Chem Eng Sci.* 2013; 97:320-7.

Сведения об авторах.

Белова Наталья Александровна – аспирантка кафедры промышленного и гражданского строительства.

Страхова Нина Андреевна – доктор технических наук, профессор,

Цамаева Петимат Саидовна – кандидат технических наук, доцент.

Authors information.

Natalia A. Belova – postgraduate student, Department of industrial and civil construction.

Nina A. Strahova – doctor of technical Sciences, Professor.

Petimat S. Tsamaeva – candidate of technical Sciences, Associate Professor.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 28.06.2016.

Received 28.06.2016.

Принята в печать 28.08.2016.

Accepted for publication 28.08.2016.