

поисково-геохимических работ с количеством аттестованных компонентов около 40. Постоянно растет и расширяется география предприятий-заказчиков на аналитику – Чукотка, Дальний Восток, Сибирь, Урал, Центр и Север Европейской части России.

В настоящее время проводятся исследования по разработке и внедрению в производство новых методов пробоподготовки геохимических проб. Выполняются работы по специальной пробоподготовке литохимических, донных, протолочных и пр. проб к различным видам анализа химического состава:

- выделение тяжелой тонкой фракции (серого и черного шлиха);
- выделение сверхтонкой легкой фракции (пыли).

Особый интерес представляет использование предлагаемого способа для выделения концентрата благородных металлов, как из материала геохимических проб, так и из измельченного технологического сырья.

Технологии переработки минерального сырья

В число основных направлений государственной политики по рациональному использованию и развитию минерально-сырьевой базы входит комплексная и углубленная переработка исходного минерального сырья с доведением его до выпуска конечных видов продукции, желательна с высокой добавленной стоимостью.

Совершенствование технологии, повышение эффективности технологических схем и использование нового оборудования дает возможность довести качество основных концентратов до уровня мировых стандартов.

Использование нового оборудования особенно эффективно для обогащения труднообогатимых тонкозернистых песков, поскольку оно позволяет гравитационными методами снизить нижний предел извлекаемой крупности рудных минералов.

Одними из основных объектов технологических исследований последних лет являлись титан-циркониевые россыпи различных регионов России.

К новым, разработанным и успешно испытанным в ИМГРЭ на многих титан-циркониевых россыпях (Тарское, Ордынское, Центральное, Бешпагирское, Лукояновское м-ния), аппаратам относятся: винтовой шлюз, вибрационный грохот «Ultimate Screener™», центробежные аппараты, высокочастотные отсадочные машины, концентрационный стол «Gemini», роторные магнитные сепараторы с высокоинтенсивным магнитным полем. Использование нового оборудования позволило снизить потери рудных минералов с глинистой фракцией на 20-45%.

Оборудование, имеющееся в ИМГРЭ-БГГЭ позволяет отрабатывать схемы и режимы обогащения проб весом от 100 кг до 10 тонн.

Технологическая группа занимается также подготовкой проб горных пород, руд, россыпей и донных отложений к минералогическому анализу. Выполняются работы по изучению гранулометрического состава рыхлых пород, руд и россыпей от 10 мкм и выше методом седиментации. Вещественный состав руд, концентратов и продуктов обогащения изучается различными методами спектрального, химического, минералогического, рентгеноструктурного анализа на базе лабораторий БГГЭ и ИМГРЭ.

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА: РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО, СПРОС И КАЧЕСТВО

Мустафин С.К.¹, Буртан С.Т.²

¹ Башкирский государственный университет, Уфа

² ООО «Клариса», Республика Башкортостан, Уфа

Современное дорожное строительство нуждается в качественной продукции - щебня, минерального порошка, битума, произведенных из природного минерального сырья - прочных горных пород и нефти. Производство этих компонентов асфальтобетона, стоимость которых превышает 60% общей стоимости строительства дорог и мостов в Российской Федерации (РФ) характеризуется динамичным ростом. Эти материалы призваны обеспечить долговечность и техническое совершенство дорог, а технологический процесс строительства должен стать индустриальным и экономически целесообразным.

При реализации грандиозного мегапроекта – строительства федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита-Хабаровск М-58 в период максимальной интенсивности работ ежемесячно вводилось порядка 180-220 погонных километров дороги. Такой высокий темп строительства обеспечивался, созданными «в чистом поле» 48 дробильно-сортировочными комплексами, 28 асфальтобетонными заводами, перерабатывавшими 2600 м³ щебня в час [2].

В настоящее время объемы производства щебня в мире превышают 3 млрд. м³ в год, а цены на этот весьма ликвидный продукт, производимый из природного минерального сырья, за последние 50 лет выросли в

2,5–3 раза. Доля РФ в мировом производстве щебня составляет около 5%, из которых 70 млн. м³ используется в дорожном строительстве. Эта отрасль потребляет от 40 до 60% общего объема выпуска НСМ.

В РФ производством нерудных строительных материалов (НСМ) занимается 931 предприятие. Каменных материалов, включающих щебень, гравий, песок производится порядка 140 млн. м³, половина из которых используется в дорожном строительстве. Балансом запасов строительных камней на 01.01.2003 г. в РФ учтены 1233 месторождения. Суммарные запасы категорий А+В+С1 по состоянию на 01.01.1999 г. составили 21 012 млн. м³, категории С₂ – 9 063. Доля федеральных округов (ФО) в производстве НСМ различна и в 2009 г. составила (в %): Центрального – 19,9; Сибирского - 19,1; Приволжского - 17,1; Северо-Западного - 15,1; Южного - 12,7; Уральского - 10,2. Из находящихся на государственном учёте РФ 7 тысяч месторождений НСМ более половины учитывается в качестве распределённого фонда недр, то есть на право их разработки получены государственные лицензии [1].

Щебень наиболее ликвидный продукт, добываемый на месторождениях строительного камня РФ, количество которых 1500, а суммарные балансовые запасы 32 млрд. м³ [8].

В США продажи НСМ для производства асфальтобетона и готовых смесей бетона имеют соотношение 50:50; в составе асфальтобетона доля НСМ 94% [11].

Порядка 75% объёма рынка НСМ РФ занимает щебень. Темпы роста рынка НСМ обусловлены ростом цен на щебень составившего в 2005 г. – 13,6%, в 2006 г. – 16,8%, в 2007 г. – 30%.

Из 46 субъектов РФ Европейской части страны, 32 не имеют месторождений изверженных пород и вынуждены завозить щебень. Основные запасы такого сырья сосредоточены в Северо-Западном и Уральском ФО РФ. Месторождений песчано-гравийных материалов нет в 15 регионах, в 18 они имеются в ограниченном количестве; месторождений строительного камня нет в 8 субъектах, на территории 27 – их единицы.

Под влиянием кризиса в 2009 г. производство НСМ в РФ сократилось на 38%; импорт снизился на 51% в стоимостном и на 28% в натуральном выражении. Объем импорта НСМ в натуральном выражении составил порядка 10,7 млн. тонн. Крупнейший импортёр НСМ в РФ - Украина (89% объема). В структуре импорта НСМ 94% щебень и гравий, 6% - песок.

Емкость рынка НСМ РФ в денежном выражении в ценах производителей (без учета доставки) в 2007 году составила около 150 млрд. рублей, а с учетом доставки – 210 млрд. рублей. Важнейшей особенностью ценообразования на рынке НСМ является высокая доля доставки (до 45-50%) в цене закупки конечным потребителем. Экономически оправдана перевозка автотранспортом до 60-80 км; большее плечо транспортировки удваивает стоимость продукции. Автоперевозки эффективны внутри регионов и между соседними регионами, поэтому предпочтение отдаётся железнодорожному и водному транспорту.

Горнодобывающие предприятия Республики Карелия в условиях кризиса снизили цены на свою продукцию с 400–460 руб./м³ до 200–230 руб./м³, а её стоимость в Москве и Санкт-Петербурге не изменилась, по причине высоких тарифов на грузоперевозки, составляющих до 2/3 рыночной цены щебня. Предприятия Ленинградской области отпускали щебень по 400 руб./м³, но из-за близости к потребителям в Санкт-Петербурге его доставка обходилась значительно дешевле. Как результат доход предприятий по добыче щебня в Ленобласти в 2–2,5 раза выше, чем карьеров Карелии, где в 2009 году было произведено 9,5 млн. м³ щебня на сумму 5,25 млрд. руб. (86% к объёмам производства и 87% стоимости продукции за 2008 г.).

Общими отличительными особенностями производства НСМ являются:

- низкая стоимость продукции и высокие относительные затраты на транспортировку;
- большое количество карьеров добычи НСМ, в крупных странах превышающее тысячи;
- различные производственные мощности предприятий (от n·10 тыс. м³ до 10 млн. м³), что позволяет, однако, всем предприятиям, выпускать продукцию высокого качества;
- различие свойств минерального сырья от рыхлых песков до изверженных пород;
- реализация предприятиями не минерального сырья, а произведённой продукции.

Специализированными исследованиями установлено, что минеральный остов – щебень - занимает в составе асфальтобетона 75-80% объёма, составляя 90-95% его массы [7]. Качество минерального остова асфальтобетона определяет несущую способность, ровность, необходимую шероховатость, прочность и долговечность дорожного покрытия.

Производимый по традиционным технологиям щебень фракции 5–20 мм обычно сильно закруглен, что не позволяет подобрать оптимальный зерновой состав минеральной части асфальтобетона и ухудшает его физико-механические свойства. Для приготовления асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий должны выпускаться узкие фракции щебня (5–10, 10–15, 15–20 мм). Сегодня щебень фракции 5–20 мм содержит повышенное (25–40% и более) количество зерен лещадной формы, которые отрицательно влияют на удобоукладываемость и плотность асфальтобетонных смесей. По сравнению с кубовидными лещадные зёрна менее прочны и разрушаются в процессе строительства и эксплуатации дорог, образуя непокрытые битумом поверхности, создавая первичные очаги разрушения [3].

Зарубежные предприятия выпускают десятки узких фракций щебня стандарта ЕН-12-620, с размерами в диапазоне 2-56 мм, эта тенденция сегодня свойственна и для ведущих предприятий РФ.

За последние годы в РФ со стороны дорожно-строительных организаций сформировался устойчивый спрос на щебень кубовидной формы, который удовлетворяется лишь на 30-40%. Месторождения, минеральное сырьё которых пригодно для производства щебня кубовидной формы, размещены на территории страны неравномерно. В Центральном, Северокавказском и Поволжском регионах сосредоточены в основном

месторождения скальных и рыхлых осадочных горных пород. Основные запасы прочных изверженных горных пород сосредоточены на объектах Северо-Западного и Уральского ФО.

Ежегодная потребность дорожного строительства РФ в щебне кубовидной формы в 2006-2010 гг. составит 19,4 млн. м³, а за период 2011-2020 гг. возрастёт до 37,0 млн. м³. При этом потребность отдельных ФО РФ в щебне узких фракций кубовидной формы на период 2011-2020 гг. составит (в млн. м³): Центральный – 96,6; Приволжский – 70,3; Сибирский – 57,7; Уральский – 52,9; Северо-Западный – 38,9; Дальневосточный – 30,0; Южный – 23,7 [3].

Ведущую позицию на рынке щебня твердых пород на Европейской территории РФ занимает Северо-западный федеральный округ, где основные запасы строительного камня магматических и метаморфических пород сосредоточены в Республике Карелия (28 месторождений с запасами А+В+С1 887 196 млн. м³) и областях: Ленинградской (28 месторождений, запасы более 1 097 939 млн. м³) Мурманской (24 месторождения, запасы 213 397 млн. м³), Архангельской (4 месторождения, запасы 169 529 млн. м³).

На государственном балансе в Республике Карелия учтено 24 месторождения щебня с промышленными запасами 849,71 млн. м³; ресурсы кристаллических пород для производства высокопрочного щебня не ограничены. Для развития экономики региона необходимо создание благоприятных условий для развития малых предприятий по разработке месторождений щебня, песка, гравия [10].

Башкортостан входит в двадцатку крупнейших производителей щебня РФ.

Щебень узких фракций кубовидной формы из изверженных пород называют материалом нового поколения для строительства, реконструкции и содержания автомобильных дорог. Обычный асфальтобетон не выдерживает нагрузки современного тяжеловесного транспорта и резко возросшую интенсивность движения. Покрытия эксплуатирующихся дорог рассчитаны на осевую нагрузку 6 т, а норматив современных магистралей возрос до 11,5 т; парк транспортных средств в РФ ежегодно увеличивается на 6-8%. За этим самым высоким в мире темпом роста числа автомобилей, темпы дорожного строительства РФ не успевают.

Минеральные порошки, представляющие собой каменную муку или пыль, используются в качестве заполнителя, повышающего вязкость и клеящую способность битума в составе асфальтобетона. Благодаря большой площади адсорбирующей поверхности, минеральный порошок поглощает существенную часть нефтяного битума, придавая асфальтобетону требуемые характеристики: прочность и устойчивость к деформациям. Асфальтобетон, содержащий минеральный порошок, отличается повышенными плотностью, прочностью, коррозионной и теплостойкостью, низкой водопроницаемостью. Немаловажным фактором при этом является снижение расхода битума. Применение минерального порошка улучшает показатели технологического процесса приготовления и укладки асфальтобетона; снижается температура выпускаемой смеси в смесителях, повышается удобообрабатываемость смеси.

Минеральный порошок, входящий в состав смесей и асфальтобетонов, должен отвечать требованиям ГОСТ Р52129-2003.

Минеральные порошки, произведённые с добавлением поверхностно-активных веществ, называются активированными. В зависимости от проектных характеристик и применяемых исходных материалов минеральные порошки относятся к маркам - МП-1 (порошки неактивированные и активированные из карбонатных осадочных горных пород и порошки из битуминозных пород) и МП-2 (порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства, включая металлургические шлаки, золы-уноса ТЭЦ, цементная пыль-уноса и т.д.).

С 1992 по 2008 гг. мировое производство битума возросло на 30% (рис. 1).

Основные мощности по производству битума расположены в США, которые занимают первое место по объемам производства нефтяного битума (рис. 2).

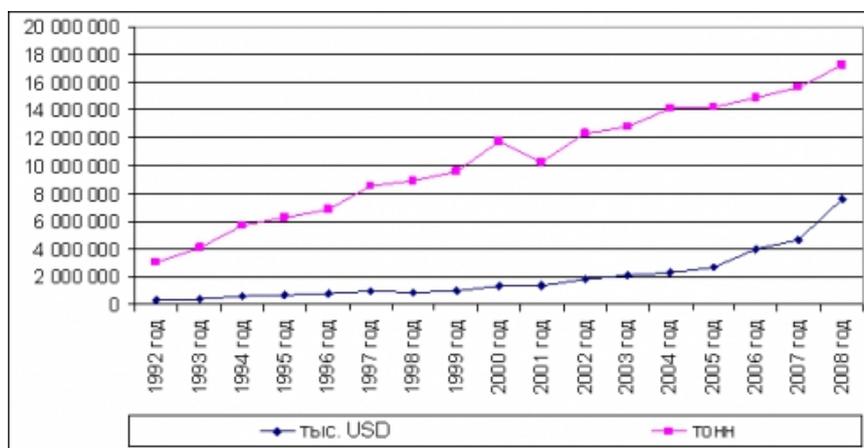


Рис. 1. Мировой оборот по торговле битумом в 1992-2008 гг. [4]

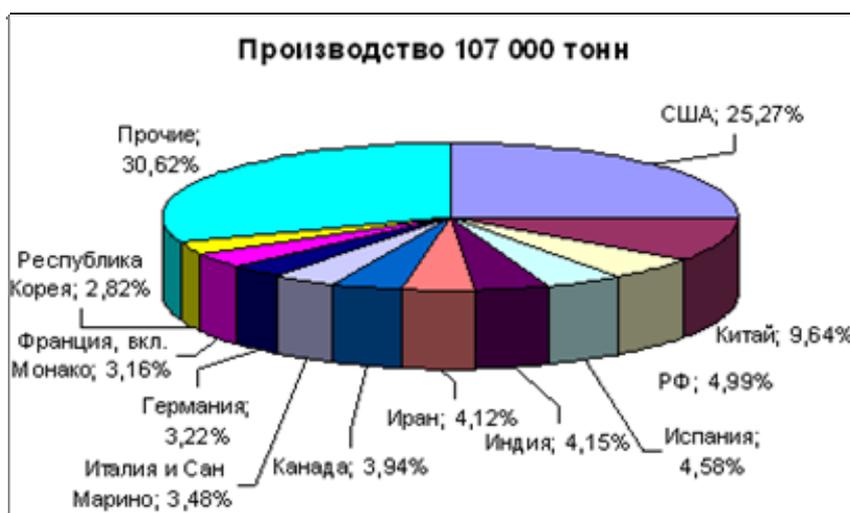


Рис. 2. Структура мирового производства битума по странам в 2008 году [4]

Тем не менее, производство битума развивается и в странах средней, южной и восточной Азии. Если в 1992-м году в США производилось 30% мирового объема производства битума, то в 2008-м доля США уменьшилась до 25,2% в основном за счет увеличения доли стран Азии.

Производство битумов в нашей стране сосредоточено преимущественно на НПЗ (мощность установок более 250 тыс. т/год, вырабатывают около 80% битумов), которые по территории страны размещены неравномерно. Остальная часть битумов вырабатывается на локальных установках, находящихся у потребителей. Мощность таких установок в составе асфальтобетонных заводов обычно составляет 5–30 тыс. т/год.

Для производства битумов обычно используют специально подобранные нефти, которые добывают, транспортируют и перерабатывают отдельно.

Выход битума и его эксплуатационные характеристики определяются не только химическим составом и физическими свойствами компонентов, но также их соотношением в остатке, что зависит от глубины отбора дистиллятных фракций, максимальной температуры нагрева остатка при перегонке нефти. Таким образом, пригодность нефти для производства качественных битумов определяется групповым составом исходной нефти, а также содержанием в нефти серы (точнее, S-содержащих веществ), ее плотностью, вязкостью и другими свойствами. Нефти с большим содержанием серы имеют более высокую плотность и большее содержание смол и асфальтенов. Для производства битумов наиболее пригодны высокосмолистые, смолистые, малопарафиновые нефти. Характеристики параметров качества нефти ряда месторождений РФ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика нефти основных месторождений Российской Федерации [4]

Месторождение	Плотность, кг/м ³ , при 20 ⁰ С	Коксуемость, %	Содержание, %			
			Сера	Твердые парафины	Смолы	Асфальтены
Арланское	895	7,7	2,9	4,5	18,3	5,1
Ярегское	945	8,4	1,5	1,5	29,0	3,7
Усть-Балыкское	870	3,2	1,4	3,8	18,0	2,4
Западно-Сургутское	892	—	2,1	3,4	19,1	2,5
Ромашкинское	867	5,9	1,6	4,9	11,6	4,2
Туймазинское	852	7,7	1,5	5,9	11,0	3,9
Шаимское	827	—	0,5	2,9	10,2	—
Жирновское	850	1,9	0,3	4,6	5,3	0,7
Анастасиевское	910	3,2	0,3	0,1	6,3	—
Яринское	817	1,3	0,6	5,5	6,2	0,1
Павловское	896	5,1	3,0	2,1	18,1	6,1
Озексуатское	818	0,8	0,1	20,6	2,1	0,5
Карабулакское	819	0,7	0,2	6,7	2,2	0,7
Эхабинское	854	1,8	0,5	1,6	8,0	0,9
Самотлорское	843	2,0	1,0	2,3	8,5	1,3
Русское	938	—	0,3	Следы	12,7	0,9

Практическое значение для производства битумов из нефти имеют три процесса: вакуумная перегонка, деасфальтизация селективными растворителями и окисление кислородом воздуха нефтяных гудронов.

Для производства остаточных битумов рекомендуется использовать нефти с возможно большим содержанием смол и асфальтенов: высокосмолистые (содержание суммы смол и асфальтенов более 20 масс. %) или смолистые (смолы + асфальтены 8–20 масс. %). Содержание твердых парафинов в нефти не должно превышать 6 масс. %. Чем больше отношение асфальтены/смолы, тем лучше эксплуатационные свойства битума. Перспективным сырьем для производства остаточных битумов могут быть высоковязкие нефти.

Общая протяжённость автомобильных дорог мира составляет 31 млн. км, из которых на РФ приходится лишь 3%, что в 7 раз меньше чем в США, где дорог 6,5 млн. км. В 2007 г. проникновение всех типов дорог РФ при её огромной территории не превышало 5,5 км на 100 км² площади, для 27 стран ЕС равнялось 126 км, для США - 66 км. Дорожная сеть РФ сегодня находится на стадии развития, которую страны ЕС и США уже прошли.

Объёмы дорожного строительства в РФ к 2012 году должны быть утроены; государство готово вложить в развитие отрасли 536 миллиардов рублей. На программу «Дороги Юга России» на период 2005-2025 гг. выделяется 2.3 трл. рублей. Доля дорожного строительства в бюджете Сочинской олимпиады 2014 года превышает 40%. Федеральной программой «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» предусмотрено довести плотность сети дорог общего пользования страны до 7,9 км на 100 км², что предполагает увеличение протяжённости дорог на 43%.

Федеральная служба государственной статистики насчитывает около 1200 компаний-производителей различных видов асфальтобетонов. В реальности их больше, т.к. продукция может производиться как на небольших стационарных, так и модульных установках.

Основные затраты (82%) при производстве асфальтобетонных смесей приходятся на составляющие материалы. Некоторое снижение цен отмечается зимой, в остальные периоды наблюдается их устойчивый рост на нерудные материалы и минеральный порошок в среднем на 17%, на нефтебитум на 36%. Удорожание материалов и энергоресурсов повышает себестоимость асфальтобетонных смесей на 25,2% ежегодно. Анализ динамических рядов средних цен на материалы позволяет с помощью регрессивных моделей прогнозировать изменение цен, что необходимо для стратегии инвестиционной политики предприятий [9].

ООО «Клариса» проводит комплексные исследования компонентов асфальтобетона включая материал минерального остова с целью создания предпосылок для создания и развития основ прогнозирования и управления качеством асфальтобетонной смеси щебень + (битум и адгезионная добавка). Исследования минерального сырья для производства качественного щебня производились на различных месторождений Центрального, Поволжского, Уральского, Сибирского и Дальневосточного (объекты зоны строительства федеральной трассы М-53 «Амур») ФО проводились для ООО «Камдорстрой Амур», ООО «СМП-Автодор», ОАО «БРУС» и др.

Результаты комплексных исследований различных по составу разновидностей щебня, составляющего минеральный остов асфальтобетона в 2009 г. представлялись для обсуждения на семинарах и рабочих совещаниях в ЦНИИГеолнеруд (г. Казань), ФГУ УПРДОР «Волга» (г. Чебоксары), ГУП «Оренбургремдорстрой» (г. Оренбург), и в 2010 г. на ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете [5].

Начата работа по составлению банка данных, характеризующих качество щебня и битума, производителей РФ для обеспечения условий управления качеством асфальтобетона и карт размещения производителей всех компонентов асфальтобетона включая минеральный порошок и адгезионные добавки на основе использования возможностей ГИС.

Асфальтобетон является основным материалом для покрытий автомобильных дорог. Их протяжённость более 330 тыс. км. Межремонтные сроки асфальтобетонных покрытий в климатических условиях РФ не более 5 лет. Построенные с использованием кубовидного щебня дороги служат в 2–2,5 раза дольше, а прочность их покрытия на 5–10% выше.

Не оправдан ажиотажный спрос на гранитный щебень из прочных изверженных пород. В нормативных документах предусматривается использование щебня не только изверженных пород, но и метаморфических скальных осадочных щебня и гравия. За рубежом в дорожном строительстве широко используются карбонатные породы, а в РФ их доля в составе дорожного полотна - 28,2%, а асфальтобетона - 7%.

Нередко дорожные предприятия сами занимаются производством щебня для своих нужд. Подобное непрофильное производство, по мнению экспертов, в целом невыгодно, поскольку приводит к дополнительному удорожанию, требует новые технологические комплексы и др. Однако при реализации мегапроектов, таких, например, как трасса М-53 «Амур» Чита-Хабаровск, модульная добыча и производство щебня и минерального порошка из местного сырья вполне оправдана и имеет перспективы. Оптимизация строительства и последующей эксплуатации и ремонта столь масштабных объектов потребует использования ГИС-технологий для выбора участков расположения карьеров добычи качественного сырья, выбора экономичной системы транспортировки и эффективного решения экологических проблем, для целей мониторинга потребуется ДЗЗ. Банк данных и электронные карты размещения объектов добычи щебня с участками расположения модулей важны, особенно в тех регионах, где прочных магматических и метаморфических пород нет.

В программный проект «Модернизация производственной базы» автомобильных дорог на период 2002-2010 гг. стоимостью 14 097 млн. руб. включены: организация производства передвижных дробильно-сортировочных установок производительностью до 300 тыс. м³/год различной модификации с учётом разнообразия свойств разрабатываемых месторождений и расширение производства фракционированного щебня, в первую очередь из изверженных пород узких фракций кубовидной формы, для устройства верхних слоёв покрытий и слоёв износа [6].

Высокая ликвидность щебня для асфальтобетона на рынке НСМ сегодня обуславливает необходимость динамичного развития сырьевой базы производства качественного щебня, минерального порошка, битума.

Качественное разнообразие видов сырья, пространственная разобщённость его объектов, существенное различие природных (часто крайне суровых) условий регионов дорожного строительства, обуславливают актуальность формирования и развития стратегии комплексного подхода к проблеме производства качества дорожного полотна. Такого подхода потребует реализация крупных проектов дорожного строительства, имеющих стратегическое значение для развития регионов нового освоения РФ: федеральной автомобильной дороги М56 «Лена» между городами Невер и Якутск протяжённостью 1235 км (дорожное покрытие отсутствует), федеральной автомобильной дороги «Колыма» между Якутском и Магаданом протяжённостью 2032 км (имеющей частичное асфальтное покрытие).

Масштабы решения исследовательских задач современного дорожного строительства в части обеспечения качественным сырьём для производства асфальтобетона весьма разнообразны: от регионального картирования месторождений прочных пород - потенциальных источников щебня - с определением схемы оптимального размещения карьеров вдоль трасс (ГИС- технологии), до исследования спектра технологических характеристик щебня и минерального порошка, доизучения на микро и наноуровнях особенностей механизма взаимодействия битума с поверхностью щебня и минерального порошка. Только такой подход обеспечит условия, необходимые для управления качеством асфальтобетонных смесей из неоднородных компонентов природного сырья в разных климатических зонах РФ, особенно новых регионов освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буткевич Г.Р., Лопатников М.И. Щебень, песок: необходимо взаимопонимание нерудников и дорожников // Строительные материалы. №11. 2009. С. 8-9.
2. Быстров Н. Опыт успешного применения современных технологий в дорожной отрасли // Интервью на медиа-брифинге в Медиа-центре газеты «Известия». 16 сентября 2009 г.
3. Вайсберг Л.А., Шуляков А.Д. Технологии производства высококачественного щебня // Дорожная техника. 2004. С. 7-9.
4. Мировой рынок битума // Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков WWW: www.akpr.ru
5. Мустафин С.К., Буртан С.Т. О качестве минерального каркаса асфальтобетона // Сборник статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. М.: МАДИ, 2010. С. 78-86.
6. Подпрограмма «Автомобильные дороги» Целевой федеральной программы «Модернизация транспортной системы России 2002-2010 годы). М.: Министерство транспорта РФ, 2002.
7. Радовский Б.С. Современные требования к каменным материалам для асфальтобетонных смесей в США // Дорожная техника. 2009. С. 74-85.
8. Семёнов А.А. Российский рынок щебня и гравия: итоги последних лет // Строительные материалы 2010. №3.
9. Силкин А.В., Лупанов А.П. и др. Анализ себестоимости асфальтобетонных смесей и динамика цен на материалы и энергоресурсы для их производства // Строительные материалы. 2009. №11.
10. Щитцов В.В. Малый горный бизнес - будущее Карелии. Газета "Карелия". №87. 24. 07. 2008.
11. One on one // Pit & Quarry. 2009. May. P. 6-9.