

УДК 625.855.31/32

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И ПРОДУКТОВ ИХ ТЕРМОПЕРЕРАБОТКИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<sup>1</sup>Морев А.А., <sup>2</sup>Илясов В.Н., <sup>2</sup>Илясов С.В., <sup>2</sup>Илясов В.С., <sup>1</sup>Мракин А.Н., <sup>1</sup>Селиванов А.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», Саратов;

<sup>2</sup>ООО «Перелюбская горная компания», Саратов, e-mail: anton1987.87@mail.ru

В статье рассмотрены возможные направления использования горючих сланцев в натуральном виде и продуктов их термической переработки для дорожного строительства. Показаны рациональные области их применения в свете новых экономических реалий Российской Федерации. В работе аргументированы достоинства применения именно сернистых горючих сланцев и технология их бесшахтной добычи.

**Ключевые слова:** горючий сланец, смола, зольный остаток, сера, дорожное покрытие, асфальт, эмульсия

## PROSPECTS OIL SHALE AND PRODUCTS HEAT IN ROAD CONSTRUCTION

<sup>1</sup>Morev A.A., <sup>2</sup>Ilyasov V.N., <sup>2</sup>Ilyasov S.V., <sup>2</sup>Ilyasov V.S., <sup>1</sup>Mrakin A.N., <sup>1</sup>Selivanov A.A.

<sup>1</sup>VPO «Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin», Saratov;

<sup>2</sup>LLC «Perelyubskaya Mining Company», Saratov, e-mail: anton1987.87@mail.ru

The article discusses possible directions for the use of oil shale in its natural form, and products of their thermal processing for road construction. Showing rational area of their application in the light of the new economic realities of the Russian Federation. The paper argued dignity application is sulfur oil shale and shaftless technology production.

**Keywords:** oil shale, tar, ash, sulfur, pavement, asphalt, emulsion

Развитие транспортной системы, обозначенное Транспортной Стратегией Российской Федерации до 2030 года, указывает на то, что отставание в строительстве и ремонте автомобильных дорог всегда было традиционной проблемой для России. До настоящего времени не завершено формирование опорной сети федеральных автомобильных дорог, связывающей все регионы России. Нормативным требованиям соответствует лишь около 38% автомобильных дорог федерального значения [5].

Сохраняется низкий уровень развития дорожной сети в аграрных районах, а также в районах Крайнего Севера, Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Чукотском автономном округе и др. Из-за отсутствия дорог с твердым покрытием более 10% населения (15 млн человек) в весенний и осенний периоды остаются отрезанными от транспортных коммуникаций.

До настоящего времени 39 тыс. населенных пунктов с общей численностью населения до 2 млн жителей (в том числе 7,5% общего числа районных центров и 6,7% центральных усадеб сельскохозяйственных организаций) не имеют связи с транспортной сетью страны по автомобильным дорогам с твердым покрытием. Не завершено формирование опорной сети дорог в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока. Из-за недостаточной развитости транспорта

сдерживается комплексное освоение этих территорий и разработка новых месторождений полезных ископаемых.

В рамках реализации Транспортной стратегии РФ предусматривается строительство и реконструкция основных автомобильных дорог, а также создание инфраструктурных условий для развития потенциальных точек экономического роста, включая комплексное освоение новых территорий и разработку месторождений полезных ископаемых, прежде всего в Сибири и на Дальнем Востоке. Решение задачи приведения протяженности и состояния дорожной сети в соответствие с потребностями экономики и населения существенно осложняется влиянием опережающего роста рыночных цен на дорожно-строительные материалы. Рост цен на указанные ресурсы за последние 5 лет в 1,5 раза превысил рост индексов цен в строительстве за этот же период. На закупку материалов расходуется до 60% средств, направляемых на дорожные работы [5].

Указанные обстоятельства обуславливают проблему поиска новых, более дешевых технологий и материалов, применяемых в строительстве дорог. Одним из решений данной проблемы может стать использование в дорожном строительстве горючих сланцев и продуктов их термопереработки.

Горючие сланцы представляют собой минеральную породу осадочного проис-

хождения, в которой относительно равномерно распределено органическое вещество сапропелевой природы (кероген). Российская Федерация занимает третье место в мире по запасам горючих сланцев. В России разведаны около двух сотен месторождений горючего сланца. Общие геологические запасы: Европейская часть – 143,1 млрд т, Восточная Сибирь и Северо-Восток – 849 млрд т [3]. В 70-80 годы проводились геологоразведочные работы горючих сланцев в Саратовской, Куйбышевской и Оренбургской областях. В результате суммарные запасы Волжского сланцевого бассейна в настоящее время оцениваются более чем 55 млрд т. Горючие сланцы залегают, как правило, на доступных глубинах, от 50 до 300 м, что позволяет осуществлять их добычу экономически рентабельными бесшахтными методами, основанными на использовании мобильных комплексов наклонно-горизонтального бурения [4].

Использование потенциала горючих сланцев целесообразно осуществлять на основе комплексной энерготехнологической переработки, в результате которой сланцы могут служить источником синтетической нефти, газа, ценных химических соединений, а также дорожно-строительных материалов. Особенно важно отметить тот факт, что в дорожном строительстве могут найти применение так называемые отходы комплексной термопереработки сланца – тяжелые фракции сланцевой смолы и прокаленный зольный остаток.

В результате многолетних исследований путей и методов комплексного использования потенциала горючих сланцев, выполненных в СГТУ имени Гагарина Ю.А., были установлены следующие направления применения сланца в дорожном строительстве [2]: получение сланцевых битумов различных марок, сланцевого порошка, эмульсий, а также производство холодного асфальта.

В связи с возрастающим дефицитом нефтяных битумов актуальное значение приобретает проблема разработки технологии получения и производственного освоения альтернативных органических вяжущих, одним из которых являются сланцевые битумы. В СГТУ имени Гагарина Ю.А. исследовалась возможность получения и дорожные свойства сланцевых битумов [2]. Сланцевая смола из сланца Кашпирского месторождения окислялась продувкой воздуха в интервале температур 100-180 °С. Изменение температурных режимов и продолжительности окисления позволило получить вязкие сланцевые битумы марок БС 40/60, 61/90, 91/130, 131/200, 201/300 с тем-

пературой размягчения от 52 до 45 °С и дуктильностью от 40 до 100 см, приближающиеся по основным свойствам к нефтяным битумам.

Исследовалась эффективность применения сланцевого порошка для производства дорожных асфальтов [2]. Порошок получался помолом сланца Перелюб-Благодатовского месторождения Саратовской области. Его битумоемкость на 20% выше, чем у обычного применяемого известнякового минерального порошка, при одинаковой дисперсности. Этим объясняется высокое оптимальное содержание битума БНД 60/90 в асфальте типа Г на сланцевом порошке (10%) по сравнению с асфальтом такого же типа с известняковым порошком (8%), а также повышенным содержанием в минеральной части сланца глинистой составляющей. Было установлено, что при нагреве сланцевого порошка до 200-250 °С он гидрофобизируется за счет содержащегося в нем керогена, который плавится с выделением низкотемпературной смолы, содержащей соединения, обладающие высокой химической активностью и реакционной способностью. В результате получается активированный сланцевый порошок. За счет улучшения смачивания битумом, адгезии повышаются плотность асфальта, его водостойчивость, теплоустойчивость, снижается оптимальное содержание битума.

Исследовалась возможность получения эмульсий из сланцевого битума на твердых эмульгаторах [2]. В частности, был использован сланцевый порошок, полученный помолом сланца Перелюб-Благодатовского месторождения. Исследования проводились со сланцевым битумом марки БС 61/90, полученным на лабораторной окислительной установке из сланцевой смолы Сызранского сланцеперерабатывающего завода, получаемой из сланца Кашпирского месторождения. Было установлено, что из вязкого сланцевого битума можно получать битумные эмульсии на различных твердых эмульгаторах (БЭТЭ). Сланцевый порошок обладает достаточно высокой эмульгирующей способностью. Максимальный коэффициент концентрации, представляющий отношение массового содержания битума к содержанию эмульгатора в эмульсии, достигает четырех, в то время как для известной кипелки и известнякового порошка он составляет соответственно 1,33 и 0,88.

В развитие предложенной в СГТУ имени Гагарина Ю.А. технологии холодного асфальта с дисперсным битумом была исследована возможность получения холодного асфальта на вязком диспергированном сланцевом битуме [2]. Получаемая по этой

технологии асфальтовая холодная смесь приготавливается смешением увлажненных холодных минеральных составляющих (щебень, песок, минеральный порошок) с битумом, нагретым до 140-150 °С. При этом в объеме асфальтовой смеси образуется прямая медленнораспадающаяся эмульсия на твердом эмульгаторе. Роль эмульгаторов-стабилизаторов выполняют обычно применяемые минеральные порошки и, в частности, сланцевые. Температура готовой смеси 25-40 °С. По сравнению с горячей эта технология имеет ряд достоинств: отпадает необходимость в сушке и нагреве минеральных составляющих; благодаря холодному и влажному приготовлению асфальтовой смеси практически полностью исключаются выбросы вредных веществ в атмосферу (минеральная пыль, окислы азота, углерода, серы, фенолы, канцерогенные углеводороды); отпадает необходимость обслуживания сушильного барабана, пылеуловительной установки, форсунки, топочного хозяйства; снижается металлоемкость асфальтового завода, сокращается расход дорогостоящего минерального порошка.

Так же необходимо отметить целесообразность использования в дорожном строительстве именно сернистых горючих сланцев, ввиду благоприятного влияния серы на прочностные свойства асфальтов [1]. При приготовлении асфальтобетона возможно добавление серного вяжущего, чем достигается снижение расхода битума, повышение качества покрытия, улучшение удобоукладываемости смеси, снижение стоимости. Количество вводимого в состав смеси серного вяжущего составляет 20-50% и зависит от марки асфальтобетона, марки серного вяжущего, требований к свойствам смеси и затвердевшей серно-битумной композиции.

Смесь сероасфальтобетона обладает большей подвижностью, что позволяет лучше и производительнее укладывать ее в покрытие. Сера в составе композиции играет роль «жидкого наполнителя», находясь в процессе перемешивания и укладки в виде мельчайших капель, которые переходят при остывании в твердые кристаллы-гранулы, выполняющие роль наполнителя. Введение серы в состав расплава не только экономит битум, но и повышает сопротивление абразивному износу, а также термостойкость покрытия, что особенно важно для жарких южных районов.

Наибольшее распространение промышленного применения горючие сланцы получили в Эстонии, где они используются как топливо и сырье для получения ценных химических веществ. Более 90% потребля-

емой в Эстонии электроэнергии производят работающие на горючем сланце тепловые электростанции. Каждый год они сжигают около 11 млн тонн сланца. Наиболее серьезной проблемой сегодня является утилизация сланцевой золы, более шести миллионов тонн которой ежегодно образуется в результате термопереработки. Образующиеся зола и отходы, связанные с добычей и переработкой (пустая порода и полукокс) в основном складываются на полигонах хранения, где загрязняют миллионы кубических метров дождевой воды в год. Для решения данной проблемы был создан проект OSAMAT [6], цель которого – показать возможность переработки уже хранящихся и вновь образующихся объемов сланцевой золы в ценные вторичные материалы для применения в дорожном строительстве.

В ходе исследований, проводимых в рамках проекта OSAMAT, на экспериментальном участке дороги Симуна-Вайату, протяженностью 1 км, тестировалась зола, полученная в результате сжигания сланцевого полукокса в установках с твердым теплоносителем. Сланцевая зола использовалась для стабилизации грунта на 500 метровом участке дороги, а оставшиеся 500 м были построены традиционным методом (использовались цемент и битум). В результате технического мониторинга было установлено, что максимальная усадка стабилизированного грунта наблюдалась сразу после строительства, и с тех пор процесс усадки существенно замедлился и даже остановился. Наибольшая величина усадки конструкции, построенной методом масс-стабилизации, приходится на первые 6 месяцев после завершения строительных работ. Кроме того, были проведены испытания на сопротивление грунта сдвигу. Минимальное пороговое значение силы сопротивления сдвигу было определено как 50 кПа. Первые результаты измерений были в диапазоне от 50-160 кПа (2-3 месяца после масс-стабилизации), вторые – в диапазоне 60-200 кПа. То есть, показатели прочности были выше минимальных, что, соответственно, говорит о хороших результатах и успешности испытаний. Самые высокие показатели прочности пришлись на участок, стабилизированный сланцевой золой.

В ходе экологического мониторинга были проанализированы характеристики воды, почвы и растительности с целью изучения возможных воздействий на окружающую среду от конструкции, построенной со сланцевой золой. Пробы отбирались до начала строительства (для дальнейшего сравнения), через месяц после строитель-

ства, и затем 1 раз в квартал. Годовые изменения влияния золы на окружающую среду не показали.

По словам авторов проекта OSAMAT применение горючих сланцев и продуктов их термопереработки в странах Евросоюза позволит уменьшить использование природных добавок из невозобновляемых источников примерно на 500 млн тонн и, соответственно, снизить транспортную нагрузку в Европе, поскольку при транспортировке природных добавок на большие расстояния используется тяжелый транспорт. Кроме того, применение сланцевых материалов благоприятно в экологическом смысле – оно обеспечит сокращение вредных выбросов в атмосферу, повышение защищенности ландшафтов, сохранение ресурсов природного камня и гравия, а также подземных водных источников. Эти методы также принесут и экономические выгоды для европейских стран: по результатам предварительных расчетов стоимость строительства дорог в Европе может быть сокращена почти на 4 млрд € в год.

Суммируя вышесказанное можно сделать вывод о широких возможностях применения горючих сланцев и продуктов их переработки в дорожном строительстве. Особенно актуально данные технологии выглядят при освоении новых территорий и разработке месторождений полезных ископаемых в Сибири и на Дальнем Востоке, а также в Поволжье, где проблема ремонта дорог является одной из самых острых на данный момент. Рентабельность применения горючих сланцев в дорожном строи-

тельстве обеспечивается использованием мобильных комплексной наклонно-горизонтального бурения [4], позволяющих осуществлять добычу горючих сланцев на месторождениях любой категории сложности с минимальными, по сравнению с шахтным и карьерным методами, затратами.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 15-48-02313 «р\_поволжье\_а».*

#### Список литературы

1. Волгушев А.Н. Возможности и перспективы применения композиций на основе термопластического серного вяжущего в промышленном и дорожном строительстве / А.Н. Волгушев // *Материалы Международной научной конференции «Горючие сланцы – альтернативный источник топлива и сырья. Фундаментальные исследования. Опыт и перспективы»*. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 40–50.
2. Горнаев Н.А. Дорожные материалы из сланцев Поволжья / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, Л.В. Никифорова // *Материалы Международной научной конференции «Горючие сланцы – альтернативный источник топлива и сырья. Фундаментальные исследования. Опыт и перспективы»*. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 157–160.
3. Зеленин Н.И. Справочник по горючим сланцам / Н.И. Зеленин, И.М. Озеров. – Л.: Недра, 1983. – 248 с.
4. Илясов В.Н. Бесшахтная экологически безопасная добыча горючих сланцев / В.Н. Илясов // *Материалы Международной научной конференции «Горючие сланцы – альтернативный источник топлива и сырья. Фундаментальные исследования. Опыт и перспективы»*. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 131–137.
5. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. N 1032-р).
6. OSAMAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osamat.ee> (дата обращения 11.02.16).