

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В КАЗАХСТАНЕ

Акбердин А.А.

*доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Бор,
Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева
e-mail: akberdin_@mail.ru*

Ким А.С.

*доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории Бор,
Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева
e-mail: boron_213@mail.ru*

Султангазиев Р.Б.

*доктор PhD, И.о. доцента каф. НТМ, НАО «Карагандинский технический
университет имени Абылкаса Сагинова»
e-mail: sulrus83@mail.ru*

Орлов А.С.

*доктор PhD, старший научный сотрудник лаборатории Бор,
Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены организационные и технические вопросы строительства автомобильных дорог в Казахстане. Указывается, что среди 200 стран мира республика по плотности дорог располагается в конце первой сотни. Для интенсивного экономического развития является необходимым увеличение этого показателя до уровня передовых стран. Подчеркивается необходимость установления приоритета в географии строительства дорог. Они нужны в районах производства материальных благ. Нынешняя стратегия преимущественного строительства дорог от столицы к областным центрам и между последними требует корректировки. Ведущие для Казахстана материальные блага нефть, газ и металлы транспортируются в зарубежные страны по трубопроводам и железной дорогой. Материальные блага непосредственного использования – мясо, молоко, зерно, овощи и фрукты – создаются на селе. Здесь крайне низкая плотность дорог с твердым покрытием. Именно на селе нужны автомобильные дороги для проезда к полям, отделениям, мастерским, складам, элеваторам, железнодорожным станциям для удовлетворения нужд населения Казахстана и создания продовольственной безопасности страны. Асфальт и цементный бетон для Казахстана не могут рассматриваться как перспективные материалы. Асфальт – ввиду низких эксплуатационных свойств. Производство же цемента в связи с ратифицированием в 2016 году Парижского климатического соглашения к 2025 г. должно быть сокращено вдвое ввиду повышенных выбросов CO₂ при его производстве, что приведёт к его дефициту. Но даже при отмене «углеродного» налога кратное наращивание производства высококачественного цемента в Казахстане для дорожного строительства в ближайшее десятилетие не просматривается. Предлагается строить дороги из шлаколитого бетона, превосходящего по долговечности, техническим характеристикам и стоимости не только асфальт, но и цементный бетон.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*автомобильные дороги, асфальт, цементный бетон,
шлаколитой бетон.*

ВВЕДЕНИЕ

Общая протяжённость автомобильных дорог Казахстана составляет порядка 96 тыс. км. Достаточность дорог для нормального функционирования государства по международным нормам оценивается не по их протяженности, а по плотности с учетом земельной площади государства или количества населения. У Казахстана первый показатель составляет 35,7 км/1000 км². Лидерами здесь являются Нидерланды (3295), Словения (1920), Германия (1805). По протяженности дорог на душу населения – 4,93 м/ч – Казахстан занимает 97 место в мире, уступая Исландии (36,58), Австралии (32,26), Латвии (30,3). Связь этих показателей с экономическим благополучием стран явная и Казахстану в этом плане предстоит большая работа.

Дороги в Казахстане в основном строят с асфальтовым покрытием. Связано с большими запасами нефти, из которой производится битум, необходимый для выпуска асфальта. Но объёмы производства битума отечественными нефтеперерабатывающими заводами обеспечивают темп строительства дорог не более 2-3 тыс. км. в год, что на многие десятилетия затягивает сроки выхода на плотность дорог передовых стран. С другой стороны, асфальтовые дороги имеют малый срок эксплуатации. Их гарантийный срок составляет максимум 10 лет, а фактический не превышает трёх. Положение усугубляется с выходом на трассы Казахстана автомобилей

с высокой грузоподъемностью, разрушающих асфальтовое покрытие. Наложение штрафов за превышение нагрузки на ось, запрет на движение в дневное время не могут остановить тенденцию использования экономических большегрузных автомобилей. Учитывая это, в ряде зарубежных стран уже давно пошли по пути строительства цементобетонных дорог. В Германии, Китае, США их доля составляет 50-65% от общей протяженности. Сегодня в Казахстане протяженность цементобетонных дорог составляет 1,6 тысяч километров (около 1,7% от общих). Нарастание строительства таких дорог в республике не просматривается из-за дефицита цемента в связи с ратифицированием в 2016 году Парижского климатического соглашения. Необходим поиск альтернативных материалов для дорожного строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа существующего положения со строительством дорог использованы имеющиеся в открытом доступе материалы. Приводится сравнение эксплуатационных характеристик асфальта, цементного и шлаколитого бетона по показателям прочности на сжатие, изгиб, пористости, морозо- и химической стойкости, истираемости, коэффициентам теплового расширения, степени черноты, коэффициентам трения скольжения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

О большой роли дорог в развитии экономики говорить нет необходимости. Они нужны. Но должны быть приоритеты в развитии дорог. Судя по нынешним объемам строительства, таковыми в Казахстане являются дороги, связывающие столицу (Астана) с областными центрами и последние между собой. Согласно имеющимся исследованиям, экономика, например, Астаны носит не торгуемый характер, имеет отрицательный чистый экспорт, город специализируется на секторах государственного управления, административного обслуживания, информации и связи [1].

Более всего дороги нужны там, где создаются материальные блага. Нефть, газ, металлы прямо с места добычи или производства отравляются потребителям по трубам и железной дорогой. Материальные блага непосредственного использования – мясо, молоко, зерно, овощи и фрукты – создаются на селе. Именно там нужны автомобильные дороги для проезда к полям, отделениям, мастерским, складам, элеваторам, железнодорожным станциям.

В Казахстане положение дел с дорожной сетью в сельской местности нельзя считать удовлетворительным. Несмотря на проводимые в этой области масштабные работы, многие населенные пункты, фермы, отделения не связаны между собой дорогами с твердым покрытием, а в самих населенных пунктах многие улицы вообще не имеют твердого покрытия. Например, в Мангистауской области доля внутрисельских автомобильных дорог, находящихся в хорошем и удовлетворительном состоянии, составляет лишь 24,5% [2]. Применяемые иногда асфальтовые покрытия не выдерживают нагрузок от автомобилей высокой грузоподъемности и тяжелой сельскохозяйственной техники на гусеничном ходу. Специальные исследования показали, что в сельской местности из-за плохого состояния дорог в 3-4 раза снижается скорость перевозок, в 3-5 раз увеличивается расход топлива, в 4-5 раз повышается себестоимость перевозок [3]. Нетрудно представить какие это большие затраты, переносимые на цену продуктов питания для населения.

Давнее осознание этого привело в целом ряде стран к строительству бетонных дорог [4-9]. Например, в США их доля составляет 65,5% от общей протяженности, в Китае 63%, Германии 50% [10,11]. Сегодня в Казахстане протяженность бетонных дорог составляет 1,6 тысяч километров (около 1,7% от общих). Такое покрытие есть на участках трасс «Астана-Щучинск», «Астана-Ерейментау-Шидерты», «Алматы-Шелек-Хоргос», «Алматы-Талдыкорган», «Алматы-Тараз-Шымкент-Ташкент», Шымкент - Туркестан» и «Астана - Караганды» [12].

Бетонные дороги из цемента, сделанные в соответствии с действующими стандартами, служат десятки лет. В ряде стран по-прежнему эксплуатируются магистрали довоенного (1934 г.) периода, которые не подвергались капитальному восстановлению. В Казахстане запущены упомянутые выше отдельные трассы с цементобетонным покрытием. Правда, в Республике установили недостаточную устойчивость цементобетонных дорог к резким перепадам температур [13]. Но возможно, это объясняется трудностями соблюдения жестких условий сооружения цементобетонных дорог. Многих недостатков асфальтных и цементобетонных дорог можно избежать, применяя бетон из шлакового литья. Аргументы здесь таковы.

Дорожное полотно подвергается сжимающим усилиям от колес движущегося транспорта. Прочность на сжатие асфальтного покрытия составляет 1,3-13,0 МПа [14], цементного дорожного бетона – 20-40 МПа [15], а шлаколитого – 300-500 МПа [16,17]. Низкая прочность асфальтного покрытия приводит к его выдавливанию с образованием колеи, затрудняющей движение и приводящей к разрушению полотна. Особо заметно это при плюсовой температуре летних месяцев. Положение усугубляется с выходом на трассы Казахстана автомобильной с высокой грузоподъемностью, разрушающих асфальтовое покрытие. Наложение штрафов за превышение нагрузки на ось, запрет на движение в дневное время не могут остановить тенденцию использования экономических большегрузных автомобилей.

В соответствии с прочностью на сжатие находится и прочность дорожного покрытия на изгиб: асфальт – 0,4-3,9 МПа, цементный бетон – 5 МПа, шлаколитой – 30-50 МПа. Высокая прочность на сжатие и меньший прогиб бетонной дороги по сравнению с асфальтовым позволяет экономить на автотранспорте до 20% бензина [18]. Литой бетон имеет пористость на уровне 1-2% [19], против 6-15% для цементного бетона [20] и 1-18% для асфальта [21], что предотвращает проникновение в него воды, при замерзании разрушающей дорожное полотно. По этой причине шлаколитой бетон имеет рекордную морозостойкость в 700-750 циклов против 50-300 для цементного бетона [22]. Особую опасность для твердого покрытия представляют ливневые и грунтовые воды, химически взаимодействующие с материалом дорожного полотна из-за различия величин их кислотности (рН). Для шлакового литья характерна очень высокая и универсальная химическая стойкость: 97,8% в соляной кислоте, 99,8% в серной кислоте, 98,6% в 35% щелочи [15,16]. Истираемость шлакокаменного литья (0,015-0,022 г/см²) [23] ниже истираемости лучших (аэродромных)

бетонов (0,72 г/см²) [24], а коэффициент теплового расширения (5·10⁻⁶/градус) заметно ниже, чем для цементобетона (1·10⁻⁵) и асфальта (7·10⁻⁵) [22,24,25].

Начало научных исследований в области синтетического силикатного кристаллического материала относится к началу XVII [17]. Они продолжаются и в настоящее время в России, Украине, Белоруссии, благодаря установлению возможности их применения в горнодобывающей, металлургической, угольной, энергетической, стекольной промышленности [26-28]. В большинстве своём они проводились, во-первых, для создания износостойких узлов механизмов и машин, а во-вторых, из природного камня.

Исследования по данному направлению проводились и в Казахстане [29,30]. В 1961г. в Балхаше, а в 1966 г в Зырянновске были сооружены опытные участки по производству шлакового и каменного литья [17], но в последующем эти работы не получили развития из-за интенсивной добычи нефти и производства из него битума для дорожного строительства. Внимание было переключено на создание кирпича и керамических стеновых материалов [31-34].

Особо отметим, что при нынешних способах и темпах строительства Казахстану для достижения плотности дорог передовых зарубежных стран [35] потребуется не менее 200 лет. Это не самоцель, а настоятельная необходимость равномерного развития экономики всех регионов республики. Конечно, нет необходимости строить дороги там, где нет населения и населенных пунктов. К сожалению, в последнее время имеет место интенсивный отток населения из сельской местности с исчезновением поселков и аулов. Положение усугубляется созданием городов-миллионников, где вчерашние труженики села пополняют ряды обслуживающего персонала. Территория Казахстана позволяеткратно нарастить объёмы сельскохозяйственной продукции. Для этого на селе надо создать необходимые условия, в том числе строительством дорог. Сроки их возведения могут быть сокращены, а география размещения расширена путем использования шлаколитых покрытий.

Во-первых, производство литых бетонов необходимо организовать на каждом предприятии, где образуются пригодные для этого отвалы шлаки. Такие предприятия имеются практически в каждой области Казахстана. Является целесообразным горячий отвальный шлак не отправлять в отвалы, а сразу же из него готовить литой бетон, что сократит тепловые затраты на его производство. Такой подход использован на Никопольском заводе ферросплавов, где из шлаков выплавки силикомарганца готовят литые изделия [36]. Производство их является рентабельным, и они продаются в качестве товарного продукта. Такие шлаки в большом количестве образуются и на ферросплавных заводах Казахстана в Караганде, Аксу, Темиртау, Таразе при выплавке того же силикомарганца.

Во-вторых, необходимо применить поточный метод: изготовление литых бетонов на заводе в условиях высокой механизации и укладку их на трассе с использованием простых погрузочно-разгрузочных механизмов.

На основании положительного мирового опыта, в мае 2016-го российский правительство утвердило Стратегию развития промышленности строительных материалов, согласно которой к 2030-му доля строящихся дорог с применением цементобетона составит 50% [37,38]. Этот план в настоящее время интенсивно реализуется. По такому пути пошла и

Белоруссия. Казахстану с её большими просторами и низкой плотностью дорог необходимо также развивать строительство бетонных дорог.

Но сравнивая Казахстан, Россию и Белоруссию, надо иметь в виду, что производители цемента в соседних странах уже давно работают в условиях профицита производственных мощностей. Их загрузка сейчас составляет от 48 до 53% [39]. В России и Белоруссии ключевым способом повышения загрузки цементной отрасли нашли вовлечение ее в дорожное строительство. В Казахстане же производство цемента в связи с ратифицированием в 2016 году Парижского климатического соглашения к 2025 г. должно быть сокращено вдвое [40]. Бетона будет недостаточно для традиционных целей [41]. Но даже при снятии «углеродных» санкций, к чему и идет сейчас Европа, Казахстану для перехода на строительство бетонных дорог потребуется не один десяток лет для кратного наращивания производства высококачественного дорожного цемента.

Выходом из положения может быть строительство дорог из литого шлака. В методе нет необходимости применения цемента, нет выбросов экологически опасного CO₂. Использование шлаков до их отправки в отвалы снижает от них экологическую нагрузку, а вовлечение металлургических заводов на переработку собственных шлаков расширит географию строительства дорог и увеличит темпы их возведения.

Важным в строительстве и эксплуатации асфальтовых и бетонных дорог является экономичность. Сравнительный анализ даже в пределах одной страны затруднен из-за разного рельефа местности, климатических условий, а между странами – разными нормативами возведения дорог. Но всё равно экономическая оценка выполняется. Здесь ориентиром является многолетний успешный опыт строительства цементобетонных дорог в западных странах, где государственные и частные компании строго следят за экономикой. В работе [42] отмечается, что в Казахстане средняя стоимость строительства 1 км асфальтовой дороги первой категории (четыре полосы и выше) составляет 800 млн. тенге, а стоимость строительства 1 км цементобетонной дороги «Астана-Щучинск» составила 2,2 млрд тенге (5,3 млн долларов). Если при сравнительной оценке для асфальтовой дороги принять самый оптимальный срок гарантийной эксплуатации 10 лет, а для цементобетонной дороги по примеру Германии – 80 лет, то асфальтовая дорога за этот срок должна подвергнуться капитальному ремонту 8 раз. В этом случае асфальтовая дорога будет дороже цементобетонной в 3 раза даже без учета её многочисленного текущего ремонта. В предлагаемом проекте цемент вообще не используется. Шлаколитой бетон может производиться прямо в литевой форме без строительства кристаллизационных печей [43]. Высокая прочность шлакового литого бетона позволит снизить толщину основания дороги, что сократит материальные затраты [44].

Важным показателем качества дорог и организации на них движения является смертность в результате дорожно-транспортных происшествий. В Казахстане она составляет 12,7 случая на 100 тыс. жителей против 3,2 в Великобритании и 2,1 в Норвегии [45]. Прогнозируется, что предлагаемые по настоящему проекту дорожные покрытия из литого бетона будут служить дольше, дешевле и безопаснее существующих в Казахстане.

Дополнительным положительным фактором является то обстоятельство, что низкая степень черноты гладкого бетона (0,63) по сравнению с

асфальтом (0,93) [46] создает лучшую освещенность на загородных трассах, а более высокий коэффициент трения скольжения (0,6-0,85) по сравнению с асфальтом (0,5-0,8) придает устойчивость движению автотранспорта и сокращает тормозной путь [47].

В Казахстане накоплено большое количество отвальных металлургических шлаков. Ежегодное поступление их на долговременное хранение составляет 2 млн. тонн. Наиболее пригодными для производства литого бетона являются шлаки, содержащие диопсид $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, акерманит $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$, геленит Ca_2SiO_4 в распадающуюся γ -форму с изменением объема на 12% (рисунок 1).

бетону высокие эксплуатационные характеристики. Они имеются в городах Темиртау (Qarmet), Аксу (завод ферросплавов) и других. Высокоосновные сталеплавильные шлаки «АО АрселорМиттал Темиртау», «Кастинг», многих машиностроительных предприятий и ферросплавные шлаки Актюбинского завода ферросплавов напрямую не могут быть использованы по причине их распада в тонкий порошок из-за перехода стабильной β -формы содержащегося в них двухкальциевого силиката Ca_2SiO_4 в распадающуюся γ -форму с изменением объема на 12% (рисунок 1).



Рисунок 1- Панорама шлакового двора Актюбинского завода с распавшимся шлаком

Присадка в них всего 0,3% V_2O_5 с использованием казахстанских боратовых руд позволяет прекратить распад и после остывания на полигоне получать кусковый материал (рисунок 2) [48-50]. Он пригоден в качестве щебня для дорожного строительства (таблица), но может быть и переплавлен для производства литого бетона.

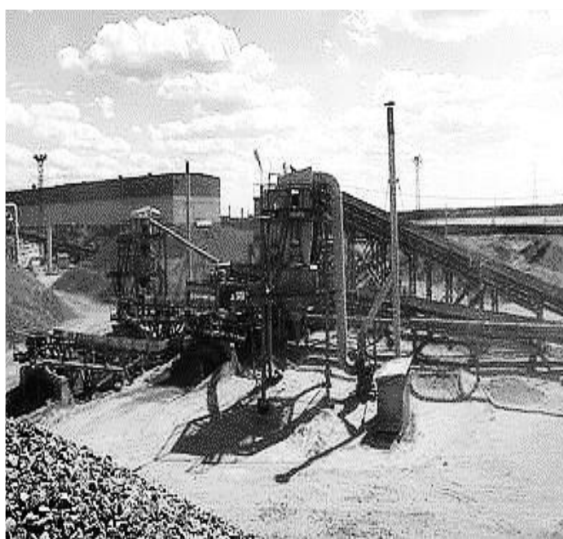


Рисунок 2 - Оборудование и щебень из стабилизированного шлака.

Таблица - Качество щебня из стабилизированных шлаков

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Результат	Нормативный
1	Морозостойкость	циклов	F25	ГОСТ 8267-93, табл.8
2	Зерновой состав: 20мм 10мм 5мм 5мм	%	10,5 22,6 40,2 26,7	ГОСТ 8269.0-97, п.4.3
3	Прочность	кг/см ²	1000	ГОСТ 8269.0-97, п.4.8
4	Истираемость в барабане	%	8	ГОСТ 8269.0-97, п.4.10
5	Истинная плотность	г/см ³	2,8	ГОСТ 8269.0-97, п.4.15
6	Насыпная плотность	кг/м ³	1330	ГОСТ 8269.0-97, п.4.17
7	Пылеватые частицы	%	0,5	ГОСТ 8269.0-97, п.4.5
8	Содержание слабых пород	%	20,8	ГОСТ 8269.0-97, п.4.9
9	Пустотность	%	60	ГОСТ 8269.0-97, п.4.17

Изложенное позволяет заключить, что для дальнейшего развития в Казахстане сети автомобильных дорог необходимо решать вопросы организационного и технического плана. Требуется создание научно обоснованной стратегии строительства дорог с акцентом на грузоперевозки в районах производства материальных благ. В первую очередь это касается сельской местности, где создаются товары первой необходимости для населения и продовольственная безопасность страны. Казахстан располагает большими объемами техногенных отходов. Их использование позволит удешевить и ускорить строительство автомобильных дорог и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития г. Нур-Султана до 2050 года. Интернет-ресурс: <https://maslihat01.kz> › data › media › news › files, дата публикации июнь 2019 г.
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 4 ноября 2021 г. №784.
3. Халтурин Р.А. Строительство сельских дорог, как фактор развития регионов. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2014, №2, с. 77-80.
4. An overview of concrete road construction - Constrofacilitator. Интернет-ресурс: <https://www.constrofacilitator.com> ›, дата публикации 5 января 2022 г.
5. 'One Mile:' The history of Detroit's first concrete road - WKAR. Интернет-ресурс: <https://www.wkar.org> › history, дата публикации 11 июля 2016 г.
6. SR 385 Green Roadways: Environmentally and Economically. Интернет-ресурс: <http://wikipave.org> › index.php, дата публикации 17 июля 2015
7. American Concrete Pavement Association - Nonprofit Explorer. Интернет-ресурс: <https://projects.propublica.org> ›, дата публикации декабрь 2020г.
8. German Autobahn receives new concrete. Интернет-ресурс: [surfacehttps://www.worldhighways.com](https://www.worldhighways.com) ›, дата публикации 11 сентября 2014 г.
9. Length of Highway: Paved: Common: Cement Concrete - China Интернет-ресурс: <https://www.ceicdata.com> › cn, дата публикации 15 декабря 2020 г.
10. Почему в России практически нет дорог из бетона. Интернет-ресурс: <https://novate.ru> › blogs, дата публикации 14 февраля 2021 г.
11. Почему в России нет бетонных дорог, как в США и Китае. Интернет-ресурс: <https://wfin.kz> › novosti › obschestvo-i-politika › 4763, дата публикации 28 апреля 2022 г.
12. Сколько в Казахстане дорог с бетонным покрытием? Интернет-ресурс: <https://jana-kezen.kz> › archives, дата публикации 26 октября 2020 г.
13. Бетонные плиты вздыбились на платной дороге. Интернет-ресурс: <https://ru.sputnik.kz> ›, дата публикации 9 июня 2022 г.
14. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов.
15. Дорожный бетон: состав, виды, марки, ГОСТ. Интернет-ресурс: <https://cementim.ru> › dorozhnyj-beton
16. Утилизация шлаков никелевых и медных производств. Интернет-ресурс: <http://www.metalstech.ru> › pages › color_4
17. Липовский И. Е., Дорофеев В.А. Основы петрургии. М.:Металлургия, 1972, 320 с.
18. Бетонные дороги: технология строительства, материалы. Интернет-ресурс: <https://cemmix.ru> ›
19. Каменное и шлаковое литье. Интернет-ресурс: <http://www.bibliotekar.ru> › 5-0-stroymaterialy
20. Пористость бетона. Интернет-ресурс: <https://gruntovozov.ru> › poristost-betona.
21. Пористость асфальтобетона. Интернет-ресурс: <https://gruntovozov.ru> › poristost-asfalta.
22. Каменное литье. Интернет-ресурс: <http://www.bibliotekar.ru> › spravochnik-181-2

23. Свойства литья - Первоуральский завод. Интернет-ресурс: <https://пзго.рф> › [каменное-лите](#) › [svoystva-litya](#)
24. Испытания бетона на истираемость. Интернет ресурс: <https://burosi.ru> › [ispytaniya-betona-na-istiraemost](#)
25. Коэффициент линейного расширения бетона. <https://betfundament.com> › [koeffitsient-lineynogo-rassh](#)
26. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона / А. М. Богуславский, Л. А. Богуславский. - М.: Высшая школа, 1972. - 199 с.
27. Граменицкий Е.Н. Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечов П.Ю. Экспериментальная и техническая петрология, М.: Научный Мир, 2000, 416 с.
28. Игнатова А.М., Верещагин В.И. Оценка пригодности магматических горных пород Западного Урала для технологий каменного литья. Новые огнеупоры, 2016, №9, с.11-15.
29. Брагин Б.А. Исследования шлаков медеплавильных производств Казахстана с целью переработки их в литые и другие изделия. Алма-Ата Изд-во ин-та металлургии и обогащения, 1968, 152 с.
30. Сулейменов С.Т. Тефрито-базальты Чимкентской области – сырьё для камнелитейного производства. В сб. «Производительные силы Южного Казахстана. Алма-Ата, Изд-во «Наука», 1966, т. 1, с. 52-56.
31. Б. К. Кенжалиев, С. А. Омарова, А. И. Манапова, С. С. Темирова, К. Р. Плехова, Б. М. Сукуров, М. Н. Квятковская, Г. К. Жумабекова, Л. У. Аманжолова. Получение каменного литья из золошлаков. Известия национальной академии наук Республики Казахстан, серия геологии и технических наук. № 5. 2017 Volume 5, Number 425 (2017), 249 – 254
32. Абдрахимов В., Кайракбаев А., Абдрахимова Е. Использование в производстве клинкерного кирпича отходов цветной металлургии и энергетики Восточного Казахстана. Экология и промышленность России . 2020;24(3):14–18. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-3-14-18>
33. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золотокерамические стеновые материалы. - Алма-Ата: Наука, 1982. 292 с.
34. Сайбулатов С.Ж. Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол. М. Стройиздат, 1990.- 248 с.
35. Список стран по длине сети автомобильных дорог. Интернет-ресурс: <https://ru.wikipedia.org> › [wiki](#) ›
36. Шлаковое литье из огненно-жидких шлаков, Никополь. Интернет-ресурс: <https://ua.bizorg.su> › [litye-r](#) › [p4552264-shlakovoe-litye..](#)
37. Нужны ли России бетонные дороги? Интернет ресурс: <https://zen.yandex.ru> › [media](#) › [str_rus](#) › [nужны-ли-rossii](#).
38. Почему в России не строят бетонные дороги. Интернет ресурс: <https://zen.yandex.ru> › [media](#) › [scienceeveryday](#) › [poch](#)
39. Почему цементобетон никак не приживается в России. Интернет ресурс: <https://rcmm.ru> › [dorozhnoe-stroitelstvo](#) › [51234-poch](#).
40. Квоты на выбросы CO2 душат экономику РК - Forbes.kz Интернет ресурс: <https://forbes.kz> › [process](#) › [economy](#) › [kvoty_na_vyibro](#).
41. Почему в Казахстане станет невыгодно производить цемент. Интернет ресурс: <https://m.forbes.kz> › [Процесс](#).
42. Сколько стоит строительство дорог в Казахстане на самом деле. Интернет – ресурс: <https://liter.kz> › [Новости Казахстана](#)
43. Чернов В.П., Насонов П.Н. Влияние скорости охлаждения на кристаллизацию оксидных сплавов. Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2010, №4, с. 35-37.
44. Укладка дорожных плит: технология, схема, срок. Интернет ресурс: <https://evrocontract.ru> ›
45. Рейтинг стран по уровню смертности в ДТП – NoNews. Интернет ресурс: <https://nonews.co> › [countries](#) › [mortality-road-traffic](#)
46. Таблица коэффициентов излучения (степени черноты). Интернет ресурс: <https://dpva.ru> › [Guide](#) › [EmmisionCoefficientsTable01](#)
47. Бетонные Дороги - Бетонные Заводы МЕКА. Интернет ресурс: <https://www.mekaglobal.com> ›
48. Акбердин А.А., Ким А.С., Есенжулов А.Б., Саркенов К.З. Внедрение технологии стабилизации от силикатного распада основных металлургических шлаков // Теория и практика производства чугуна: Труды междуна. научн.-практ. конф., посвящ. 70-летию КГГМК «Криворожсталь». - Кривой Рог, 2004. - С. 295-297.
49. Акбердин А.А., Ким А.С. Способ стабилизации шлаков производства средне и низкоуглеродистых марок феррохрома от распада. Предпатент № 15320 Заявка № 2002/1346 Приоритет от 11.11.02.
50. Akberdin A.A., Konurov U., Saitov R.I., Esenzhulov A.B. Recycling of Highly-Basic Slags of Metallurgical Manufacturing // Proceedings of the eighth international symposium on environmental issues and waste management in energy and mineral production – SWEMP 2004 Kemer/Antalya /Turkey/ 17-20 May. 2004. - С.639-640.