

УДК 625.731:625.85.06

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК НА ХАРАКТЕР ТВЕРДЕНИЯ БЕЛИТОВОГО ШЛАМА В СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

А.А. Лыткин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье дана характеристика белитового шлама – многотоннажного отхода глиноземного производства. Выявлена способность шлама восстанавливать разрушенную структуру после повторного уплотнения. Исследовано влияние многократных подвижных нагрузок на характер твердения шлама и шламощебеночных материалов в круглогодичном цикле при естественном ходе температуры воздуха на кольцевом испытательном стенде. Установлено, что подвижные нагрузки положительно влияют на характер твердения этих материалов. Через 20 месяцев эксплуатации прочность шлама и шламощебеночного материала на секциях, находящихся под движением, на 13,0 % и 33,8 % выше по сравнению с материалами контрольных секций. Следовательно, нет необходимости прекращать движение транспорта сразу после устройства конструктивных слоев дорожных одежд с применением шлама. Кроме того, не следует регламентировать время, через которое допускается устройство покрытия по шламовому основанию.

Ключевые слова: белитовый шлам, шламощебеночный материал, повторное уплотнение, транспортные нагрузки, модуль упругости.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения долговечности дорожных конструкций является строительство монолитных оснований дорожных одежд. Общеизвестно, что срок службы нежестких дорожных одежд с монолитными основаниями из материалов, обработанных минеральными вяжущими, в 1,5-2,0 раза больше чем с основаниями из дискретных материалов [1]. Особую актуальность при этом приобретает замена классических вяжущих (цемент, известь) на отходы промышленности, обладающие свойствами бесклнкерных медленнотвердеющих вяжущих. К таким отходам относится белитовый шлам – многотоннажный отход глиноземного производства, который без дополнительного измельчения, за счет высокого содержания белита (C_2S), может быть использован для устройства монолитных слоёв дорожных одежд, как в естественном виде, так и в качестве вяжущего и структурообразующего реагента при укреплении каменных материалов и грунтов. В настоящее время изучены свойства шлама, разработаны рекомендации по использованию этого материала в дорожном строительстве, в том числе при отрицательной температуре воздуха [2-5]. В соответствии с нормативными требованиями, при использовании для строительства монолитных

слоев дорожных одежд медленнотвердеющих вяжущих, открывать движение построенного транспорта допускается в течение первых двух суток после их устройства [6]. Однако вопрос о влиянии транспортных нагрузок на характер твердения материалов дорожных оснований, укрепленных медленнотвердеющими вяжущими, в том числе белитовым шламом, изучен недостаточно. Особую значимость это имеет при строительстве нефтепромысловых дорог в сложных гидрогеологических условиях где, как, правило, нет возможности обеспечить объезд строящегося участка основания или покрытия.

Следовательно, изучение влияния многократных транспортных нагрузок на характер твердения шлама и шламоминеральных материалов является актуальной научной и практической задачей.

СВОЙСТВА БЕЛИТОВОГО ШЛАМА

Белитовый шлам образуется при производстве глинозема (оксида алюминия) из нефелиновых и бокситовых руд способом спекания. Из спека путем гидротермального выщелачивания выделяют глинозем, а пескообразный полупродукт – шлам по трубопроводу подается в отвал. В результате технологического процесса производства глинозема происхо-

Таблица 1
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛИТОВЫХ ШЛАМОВ
ТЕКУЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Наименование свойств	Показатели	
	Нефелиновый шлам	Бокситовый шлам
Модуль крупности	1,2-1,7	1,1-2,2
Истинная плотность, г/см ³	2,91 -3,04	3,00 – 3,16
Насыпная плотность во влажном состоянии, кг/м ³	900-1100	1000-1300
Удельная поверхность, см ² /г	300 – 750	
Микропористость зёрен, %	35 – 60, при размере пор от 10 до 1000 мкм.	
Коэффициент теплопроводности при стандартной плотности, Вт / (м×К)	0,57-0,66	0,60-0,70
Оптимальная влажность, %	23-26	22-25
Средняя плотность в уплотненном состоянии при оптимальной влажности под нагрузкой 15 МПа, т/м ³	1,80-1,85	1,85-1,90
Предел прочности на сжатие, МПа: - сразу после уплотнения под нагрузкой 15 МПа; - через 90 суток; - через 1 год.	1,0-1,2 4,0-6,0 9,0-10,0	0,7-1,0 3,0-5,0 7,0-8,0
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа: - через 90 суток; - через 1 год.	1,6-2,4 2,6-3,0	1,2-2,0 2,1-2,6

дит частичная гидратация шламовых зерен с образованием на их поверхности оболочек гидратов, находящихся преимущественно в гелевидном состоянии. По данным Н.С. Шморгуненко [7] шлам текущего производства, находящийся в отвале, гидратирован на 7 – 10 %.

В зависимости от перерабатываемой руды белитовый шлам подразделяют на нефелиновый и бокситовый.

По фазовому составу нефелиновый шлам представляет в основном смесь силикатов, гидросиликатов (20-30%) и гидроалюминатов кальция (3 – 5%), гидроферритов, карбонатов. Содержание C_2S в нефелиновом шламе составляет 70 – 85%.

Бокситовый шлам состоит из C_2S (40 – 55%), кальцита, магнетита, гематита, гидрограната, гиббсита, перовскита, кварцита.

Следовательно, шламы являются полимерными материалами, в которых четко фиксируется преобладающее наличие белита β -полиморфной формы, сцементированного массой гидратов. Бокситовый шлам отличается от нефелинового меньшим содержанием белита, оксидов кальция и кремния и повышенным содержанием оксидов железа [8].

Физико-механические свойства белитовых шламов текущего производства представлены в табл. 1

Приведенные данные свидетельствуют о том, что нефелиновые и бокситовые шламы обладают аналогичными физико-механическими свойствами, что предопределяет одинаковую область их применения. Натуральный белитовый шлам текущего производства (без дополнительного измельчения), уплотненный при оптимальной влажности (22-26 %), по показателям прочности, при нормативном сроке твердения 90 суток соответствует маркам от 20 до 100 по ГОСТ 23558 [4, 9]. При этом сохраняется тенденция к дальнейшему набору прочности за счет большого резерва негидратированного вяжущего [7, 10].

Следует отметить относительно высокие показатели прочности шламов сразу после уплотнения слоя (0,7 – 1,2 МПа), что мы объясняем, прежде всего, наличием на поверхности шламовых зерен гелевидных оболочек гидратов. Это свойство шламов послужило основанием для открытия движения построеного транспорта по уложенному слою сразу после окончания его уплотнения при опытно-строительстве.

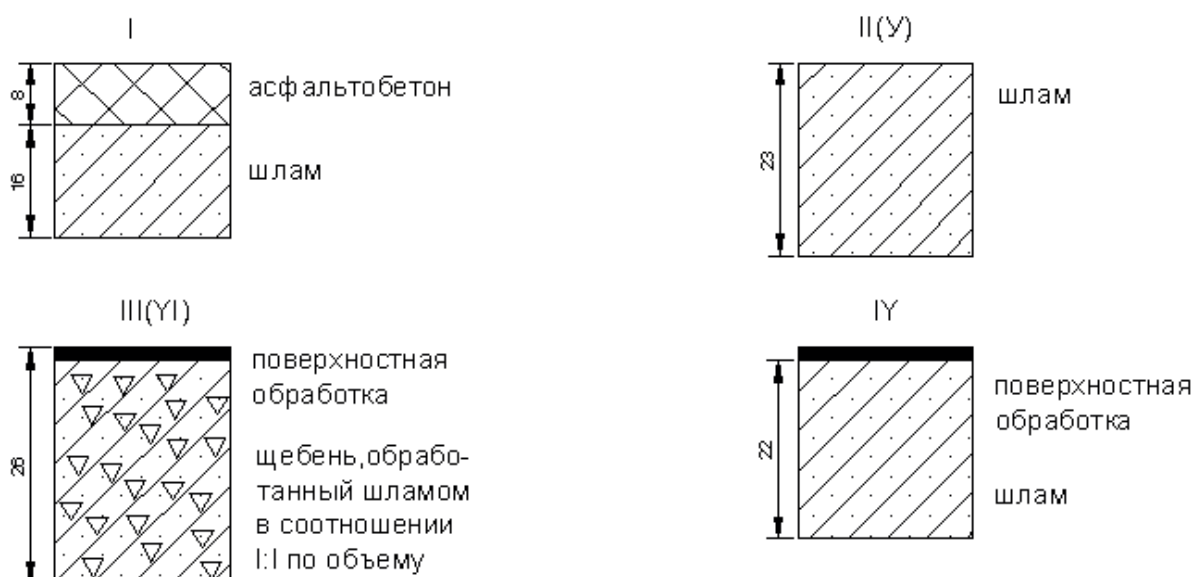


Рис. 1. Конструкции дорожной одежды на кольцевом испытательном стенде:
I – VI – номера секций

Подтверждение обоснованности этого решения получено позднее, при экспериментальном изучении влияние многократных транспортных нагрузок на характер твердения белитового шлама и шламоминеральных материалов, выполненных в лаборатории и на кольцевом испытательном стенде.

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК НА ХАРАКТЕР ТВЕРДЕНИЯ БЕЛИТОВОГО ШЛАМА И ШЛАМОМИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В лабораторных условиях изучали способность вышеуказанных материалов к восстановлению разрушенной структуры после их повторного уплотнения. Эксперимент проводили на образцах-цилиндрах, изготовленных прессованием под давлением 15 МПа из нефелинового шлама и шламощебеночной смеси с дозировкой диабазового щебня (фракций 10 – 20 мм) – 55 % по массе. Влажность шлама принимали 25 %, что соответствовало её оптимальному значению. С целью моделирования процесса твердения материала в слое, устроенном в зимний период, образцы сразу после изготовления (в январе) покрыли полиэтиленовой пленкой и вынесли на мороз для хранения в естественных условиях. В конце апреля, после полного оттаивания образцов, часть из них разрушили, измельчили до крупности агрегатов не более 5 мм и из этого мате-

риала были повторно изготовлены образцы с уплотнением под давлением 15 МПа.

Образцы из шламощебеночной смеси не переформовывали, а помещали в разъемные формы и повторно уплотняли под нагрузкой 15 МПа.

Образцы, не подвергнутые переформовке или повторному уплотнению, являлись контрольными. Часть образцов сразу после переформовки или повторного уплотнения испытывали на сжатие, а остальные продолжали хранить и испытывали по три образца через каждый месяц твердения. Перед испытанием образцы термостатировали при температуре 20° С.

Кроме лабораторных испытаний проводили исследования на кольцевом испытательном стенде в условиях максимально приближенных к натурным. На кольцевой дорожке стенда построили четыре конструкции дорожной одежды с применением бокситового шлама. Шлам использовался в качестве материала основания под асфальтобетонное покрытие, переходного покрытия с поверхностной обработкой и без неё, а так же для укрепления диабазового щебня при устройстве переходного покрытия. Конструкции дорожных одежд приведены на рисунке 1.

Секции I – IV располагались на кольцевой дорожке стенда и предназначались для изучения их работы под движением. Секции V и VI, построенные за пределами кольцевой дорожки, не подвергались воздействию подвижных нагрузок и являлись контрольными.

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Конструкции секций I – IV нагружали двумя электромобилями с расчетно-весовыми характеристиками, адекватными автомобилю МАЗ – 500. Система дистанционного управления позволяла регулировать движение электромобилей по ширине полосы наката.

Эксперимент продолжался в течение 20 месяцев. Конструкции построили при положительной температуре в ноябре. Определили начальный общий модуль упругости (E_y) каждой конструкции методом статического нагружения штампом. Затем дорожные одежды испытывали при интенсивности движения электромобилей, соответствующей расчетной для дорог III категории. Через год эксплуатации транспортные нагрузки сняли, но конструкции не демонтировали, а продолжали наблюдать за изменением их прочностных показателей. Через 20 месяцев, из шламовых и шламощебеночных слоев были отобраны керны, которые испытывали для определения предела прочности при сжатии этих материалов ($R_{сж}$).

Результаты лабораторного эксперимента по изучению способности материалов к восстановлению разрушенной структуры после повторного уплотнения приведены на рис. 2 и 3.

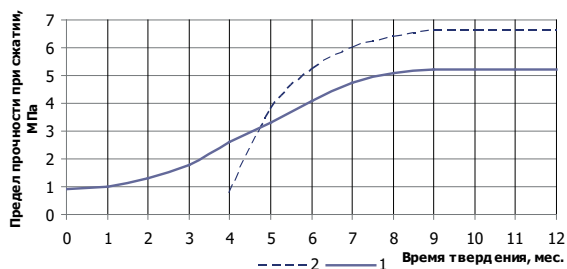


Рис. 2. Кинетика твердения переконструированных и контрольных образцов нефелинового шлама: 1 – контрольные образцы; 2 – образцы, переконструированные после четырех месяцев твердения

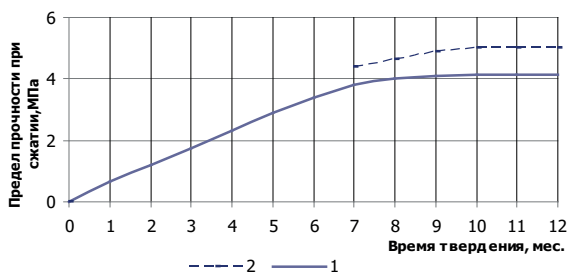


Рис. 3. Кинетика твердения повторно уплотненных и контрольных образцов из шламощебеночной смеси: 1 – контрольные образцы; 2 – образцы, повторно уплотненные после семи месяцев твердения

Приведенные данные свидетельствуют о том что, переформовка и повторное уплотнение образцов оказали положительное влияние на процессы структурообразования шлама и шламощебеночного материала. Образцы из шлама после переформовки твердеют интенсивнее и их прочность через шесть месяцев при положительной температуре в 1,2 раза выше прочности контрольных (6,4 МПа против 5,3 МПа). Образцы из шламощебеночной смеси, подвергнутые повторному уплотнению через семь месяцев твердения, показали прочность при сжатии 4,5 МПа, тогда как контрольные в этом же возрасте имели прочность 3,8 МПа. Через пять месяцев твердения при отрицательной температуре прочность повторно уплотненных образцов была выше прочности контрольных в 1,2 – 1,25 раза (см. рис.3).

Результаты испытаний дорожных конструкций на кольцевом испытательном стенде приведены в таблице 2.

Таблица 2.
ЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ КЕРНОВ, ОТОБРАННЫХ ИЗ ШЛАМОВЫХ И ШЛАМОЩЕБЕНОЧНЫХ СЛОЕВ

Номер секции	Общий модуль упругости (МПа) слоя после твердения, в возрасте (месяцы)			Предел прочности при сжатии кернов из шлама и шламощебеночного материала МПа, в возрасте 20 мес.
	0	12	20	
I	146	153	223	12,4
II	127	207	260	9,5
III	115	200	220	12,1
IV	106	245	270	14,8
V	127	184	198	7,1
VI	115	122	132	10,7

Примечание: значения модулей упругости и $R_{сж}$ кернов являются средними из испытаний шести образцов при коэффициенте вариации 11,3 – 17,1 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что прочность конструкций на всех секциях с течением времени возрастает, несмотря

на воздействие подвижной нагрузки и погодноклиматических факторов. Так, если общие модули по секциям в первый год испытаний составляли 106-146 МПа, то через 20 месяцев они увеличились в 1,5-2,5 раза. Сопоставление E_y и $R_{сж}$ материалов аналогичных конструкций (секции II и V, III и VI) показывает, что более интенсивный рост их значений наблюдается у дорожных конструкций, находящихся под движением. Увеличение E_y через год испытаний на секциях II и III происходило в 1,25 и 1,64 раза интенсивнее, чем на контрольных – V и VI. Прочность кернов из секций, находящихся под движением, также выше на 33,8 % и 13,1 % соответственно.

Материалы более интенсивно твердели под слоем покрытия из асфальтобетона (секция I) и под поверхностной обработкой (секции III и IV), чем на секциях II и V, где слой из шлама не был защищен. Прочность при сжатии этих кернов (при прочих равных условиях) оказалась в 1,3-1,5 раза ниже. Это объясняется, прежде всего, более благоприятными тепло-влажностными условиями твердения материалов под защитным слоем.

Интенсификация набора прочности перестроенных, и повторно уплотненных образцов, а также материалов в конструкциях дорожных одежд, находящихся под движением, объясняется тем, что в шламе к моменту повторного уплотнения сохраняется значительный резерв негидратированного вяжущего и шламовые зерна покрыты оболочками гидратов, находящихся преимущественно в гелевидном состоянии [7, 10]. Это, по аналогии с микробетоном Юнга [11], способствует залечиванию в материале разрушенных связей. Кроме того, шлам является грубодисперсным материалом, состоящим из относительно слабых зерен. При разрушении последних в процессе перестройки, повторного уплотнения или воздействия подвижных нагрузок обновляются новые активные поверхности, формируется более плотная структура материала, и интенсифицируются процессы его твердения. В частности, нами установлен факт увеличения плотности материалов под действием подвижных нагрузок на 5-12 %.

Результаты наших исследований согласуются с работами С.А. Миронова, который констатировал положительное влияние повторного вибрирования на цементобетон, замороженный до начала схватывания цемента [12]. Аналогичный эффект наблюдается и у гранулированного доменного шлака [13].

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Опытнo-экспериментальные работы выполнялись с целью производственной проверки теоретических предпосылок и экспериментальных исследований. Строительство опытных участков оснований и покрытий переходного типа из шлама и шламощебеночных материалов выполняли во II – IV дорожно-климатических зонах, на дорогах I – IV категорий, в том числе, при отрицательных температурах воздуха (до минус 26°С).

Сразу после устройства конструктивных слоев по участкам дорог открывалось движение транспорта. Таким образом, основания в течение 6-8 месяцев эксплуатировались в качестве переходных типов покрытий. В летнее время за ними осуществлялся уход в виде периодической поливки водой. Например, на дороге II категории Омск-Новосибирск нефелиновый шлам использовался для устройства основания под бетонное покрытие толщиной 25 см. Строительство осуществлялось при отрицательных температурах воздуха. Сразу после завершения уплотнения слоя основания по нему открывали движение построеного транспорта без ограничения его скорости, так как материал в слое через 1-2 часа промерзал на всю толщину. В период весеннего оттаивания шламового основания ограничивали скорость движения построеного транспорта до 30 км/ч, с регулировкой его по всей ширине слоя. Перед устройством бетонного покрытия уточнялись проектные отметки, при необходимости основание дополнительно профилировалось с доуплотнением пневмокатком за 2-3 прохода по одному следу. Всего с января по март было построено 5,7 км основания из шлама, что позволило существенно продлить строительный сезон и сохранить земляное полотно в период распутицы без значительных дополнительных затрат на повторное уплотнение.

В процессе опытного строительства и производственного внедрения выявлена высокая эффективность технологии устройства конструктивных слоев методом пропитки (вдавливания) с помощью кулачкового катка ДУ-26 [14, 15]. Его применение позволило добиться качественного перемешивания щебня толщиной 18 см со шламом на всю толщину за 12-14 проходов катка по одному следу. При этом коэффициент уплотнения слоя достигал 1,0-1,04. Производственный опыт показал, что по такому слою можно сразу открывать движение

построечного транспорта без ограничения его скорости. Этот эффект широко использовался позднее, при строительстве покрытий переходного типа на нефтепромысловых дорогах [3]. Установлено, что предел прочности при сжатии материалов, отобранных с опытных участков составлял от 7,5 МПа до 14,5 МПа. С годами отмечается тенденция к постоянному медленному набору прочности [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что затвердевший шлам и шламощебеночный материал обладает способностью к восстановлению разрушенной структуры после повторного уплотнения за счет большого резерва негидратированного вяжущего.

2. Переформовка и повторное уплотнение способствует интенсификации процессов структурообразования этих материалов и увеличению их прочности в 1,2 – 1,25 раза по сравнению с контрольными образцами.

3. Многократные транспортные нагрузки также оказывают положительное влияние на набор прочности слоёв из шлама. Об этом свидетельствуют данные об увеличении в 1,13 и 1,64 раза общего модуля упругости дорожных конструкций на секциях кольцевого испытательного стенда, находящихся под движением по сравнению с контрольными и результаты опытного строительства.

4. Установлено, что при устройстве дорожных одежд с использованием белитового шлама нет необходимости в прекращении движения транспортных средств по свежеложенным слоям, что упрощает технологический процесс и способствует повышению темпов строительства.

5. При необходимости, шламовые материалы конструктивных слоёв можно рыхлить и повторно уплотнять, без ущерба конечной прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безрук, В. М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве / В. М. Безрук. – М. : Транспорт, 1971. – 247 с.

2. Белоусов, Б. В. Применение белитовых шламов для устройства дорожных оснований в условиях Сибири / Б. В. Белоусов, В. М. Бескровный, А. А. Лыткин // Производство и применение каменных материалов из горных пород и отходов промышленности в дорожном строительстве / Тр. Союздорнии. - М., 1984. - С. 43-48.

3. Методические рекомендации по устройству дорожных оснований и переходных покрытий с применением белитового шлама в нефтегазоносных районах Западной Сибири / Минтрансстрой СССР. - М. : Союздорнии, 1986. - 28 с.

4. ОДМ 218.3.043 – 2015. Методические рекомендации по применению в слоях дорожных одежд натуральных белитовых шламов / РОСАВТОДОР. - М. : РОСАВТОДОР. - 66 с.

5. Методические рекомендации по уплотнению грунтов и других материалов медленнотвердеющими вяжущими при пониженных положительных и отрицательных температурах / Минтрансстрой СССР. -М. : Союздорнии, 1985.- 33 с.

6. СП 78. 13330. 2012. Автомобильные дороги : актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. – М., 2013.- 73. с.

7. Шморгуниченко, Н. С.. Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства / Н. С. Шморгуниченко, В. И. Корнеев. – М. : Metallургия, 1982. – 128 с.

8. Логинова, И. В. Аппаратно – технологические схемы в производстве глинозема / И. В. Логинова, А. В. Кырчиков. - Екатеринбург : Урфу, 2011. – 233 с.

9. Проектирование нежестких дорожных одежд : ОДН 218. 046 – 01. – М. : Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта РФ, 2001. – 145 с.

10. Лыткин, А. А. Применение белитового шлама для устройства слоев дорожных одежд при отрицательных температурах : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05. 23. 11 / А. А. Лыткин. – М. ,1990. – 18 с.

11. Шестоперов, С. В. Контроль качества бетона : учеб. пособие для вузов / С. В. Шестоперов. – М. : Высшая школа, 1981. – 247 с.

12. Миронов, С. А. О нарастании прочности бетона на морозе и при последующем твердении его в условиях положительных температур / С. А. Миронов, Б. А. Крылов // Бетон и железобетон. – 1963. - №11. – С. 12-15.

13. Пополов А. С. Опыт применения гранулированных шлаков в дорожном строительстве Франции // Автомобильные дороги : экспресс - информация : зарубежный опыт / ЦНТИ Минавтодора РСФСР. – Вып. 10. – М., 1984. – С. 1 - 13.

14. А. с. 960348 СССР. МКИ Е 01 С 3/00. Способ возведения дорожного и аэродромного основания / Бескровный В.М. и др. (СССР). - № 2926211 / 29 – 33 ; заявл. 13. 05. 80 ; опубл. 23. 09. 82, Бюл. № 35.

15. Бескровный, В. М. Обработка щебеночных оснований вяжущими с помощью кулачкового катка / В. М. Бескровный, Б. В. Белоусов, А. А. Лыткин // Производство и применение каменных материалов из горных пород и отходов промышленности в дорожном строительстве /

Тр. Союздорнии. - М., 1984. - С. 93 -102.

16. Белоусов, Б. В. Предложения по конструированию дорожных одежд с повышенным сроком службы / Б. В. Белоусов, А. Н. Гаврилов, А. С. Афонин // Мир дорог. - 2016. - № 89. - С. 50-51.

INFLUENCE OF REPEATED COMPACTION AND TRANSPORT LOADS ON THE CHARACTER OF HARDENING OF BELITIC SLUDGE IN LAYERS OF ROAD CLOTHES

A.A. Lytkin

Abstract. The article describes the characteristic of belitic sludge - a large-tonnage waste of alumina production. The ability of the sludge to recover the destroyed structure after the re-compaction. The effect of multiple mobile loads on the nature of sludge hardening and sludge-crushed stone materials in a year-round cycle with a natural course of air temperature on the ring test bench. It is established that mobile loads have a positive effect on the hardening of these materials. After 20 months of operation, the strength of the sludge and sludge-crushed stone materials in the sections which is under the movement is 13.0% and 33.8% higher compared to the materials of the control sections. Therefore, there is no need to stop the traffic immediately after constructing the layers of pavements using slurry. Moreover, it should not regulate the time after which the slurry is allowed by the device base coating.

Keywords: belite sludge, sludge-crushed stone materials, re-seal, transport loads, elastic modulus.

REFERENCES

1. Bezruk V. M. Ukreplenie gruntov v dorozhnom i aerodromnom stroitel'stve [Strengthening of soils in road and airfield construction] Moscow, Transport, 1971, 247 p.

2. Belousov B. V., Beskrovnyj V. M., Lytkin A. A. Primenenie belitovyh shlamov dlja ustrojstva dorozhnyh osnovanij v uslovijah Sibiri [Application belitic slurries for road foundation in Siberia conditions]. *Proizvodstvo i primeneniye kamennykh materialov iz gornykh porod i othodov promyshlennosti v dorozhnom stroitel'stve / Tr. Sojuzdornii.* - M., 1984. - pp. 43-48.

3. Metodicheskie rekomendacii po ustrojstvu dorozhnyh osnovanij i perehodnyh pokrytij s primeneniem belitovogo shlama v neftegazonosnyh rajonah Zapadnoj Sibiri [Methodical recommendations on the design of road bases and transitional coverings with the use of belitic sludge in the oil and gas bearing areas of Western Siberia] / *Mintransstroj SSSR.* - M. : Sojuzdornii, 1986. - 28 p.

4. ODM 218.3.043 – 2015. Metodicheskie rekomendacii po primeneniju v slojah dorozhnyh odezhd natu-ral'nyh belitovyh shlamov [Methodical recommendations on the design of road bases and transitional coverings with the use of belitic sludge in the oil and gas bearing areas of Western Siberia] / *ROSAVTODOR.* - M. : ROSAVTODOR. - 66 p.

5. Metodicheskie rekomendacii po ukrepleniju gruntov i drugih materialov medlennotverdejushhimi vjazhushhimi pri ponizhennyh polozhitel'nyh i otricatel'nyh temperaturah [Methodical recommendations for strengthening soils and other materials with slow-hardening binders at lower positive and negative temperatures] / *Mintransstroj SSSR.* - M. : Sojuzdornii, 1985.- 33 p.

6. SP 78.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi : aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.06.03-85. [Automobile roads: updated version of SNiP 3.06.03-85] – M., 2013.- 73. s.

7. Shmorgunenko N. S., Korneev V. I. Kompleksnaja pererabotka i ispol'zovanie otval'nyh shlamov glinozemnogo proizvodstva [Complex processing and use dump slurry of alumina production]. – M. : Metallurgija, 1982. – 128 p.

8. Loginova I. V., Kyrchikov A. V. Apparatno – tehnologicheskie shemy v proizvodstve glinozema [Hardware-technological schemes in the production of alumina] . - Ekaterinburg : Urfu, 2011. – 233 p.

9. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd : ODN 218. 046 – 01. [Design of non-rigid pavements: ODN 218. 046 - 01] .– M. : Gosudarstvennaja sluzhba do-rozhnogo hozjajstva Ministerstva transporta RF, 2001. – 145 p.

10. Lytkin A. A. Primenenie belitovogo shlama dlja ustrojstva sloev dorozhnyh odezhd pri otri-

catel'nyh temperaturah [The use of belitic sludge for the construction of layers of road clothes at low temperatures] : avtoreferat dis. ... kand. tehn. nauk : 05. 23. 11. – M., 1990. – 18 p.

11. Shestoperov S. V. Kontrol' kachestva betona [Quality control of concrete] : ucheb. posobie dlja vuzov / S. V. Shestoperov. – M. : Vysshaja shkola, 1981. – 247 p.

12. Mironov S. A., Krylov B. A. About the increase in the strength of concrete in the frost and subsequent consolidation of it in conditions of positive temperatures. – Beton i zhelezobeton. – 1963. №11. – pp. 12-15.

13. Popolov A. S. Experience in the use of granulated slag in road construction in France. – Avtomobil'nye dorogi : jekspress - informacija : zarubezhnyj opyt / CNTI Minavtodora RSFSR. – Vyp. 10. – M., 1984. – pp. 1-13.

14. A. s. 960348 SSSR. MKI E 01 S 3/00. Sposob vozvedeniya dorozhnogo i ajerodromnogo osnovaniya [Method of erection of road and airfield base] / Bes-krovnyj V.M. i dr. (SSSR). – № 2926211 / 29 – 33 ; zajavl. 13. 05. 80 ; opubl. 23. 09. 82, Bjul. № 35.

15. Beskrovnyj V. M., Belousov B. V., Lytkin A. A. Obrabotka shhebenochnyh osnovanij

vjazhushhimi s pomoshh'ju kulachkovogo katka [Processing astringent macadam base via a cam roller] . - Proizvodstvo i primenenie kamennyh materialov iz gornyh porod i othodov promyshlennosti v dorozhnom stroitel'stve / Tr. Sojuzdornii. - M., 1984. – pp. 93 -102.

16. Belousov B. V., Gavrilov A. N., Afonin A. S. Proposals for the design of road clothes with a long service life. – Mir dorog. – 2016. - № 89. – pp. 50-51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лыткин Александр Александрович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО СибАДИ (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

Lytkin Alexander Alexandrovich (Russia, Omsk) – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate professor of the department "Construction and operation of roads" of FGBOU VO «Siberian State Automobile and Highway University» (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

УДК 728.1.012.26

ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

*М.В. Максимова, С.О. Мельникова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В данной статье приведена характеристика климатических особенностей жаркого климата. Рассмотрены объемно-планировочные решения малоэтажных жилых зданий для районов с жарким влажным и жарким сухим климатом. Также описаны способы борьбы с высокой температурой внутреннего воздуха в помещениях и рассмотрены различные варианты солнцезащитных устройств. Даны рекомендации по улучшению микроклимата жилых помещений с учетом района строительства. Рассмотрено обеспечение функционально-эстетических и санитарно-гигиенических требований к объемно-планировочным решениям жилых зданий в жарком климате.

Ключевые слова: жаркий влажный климат, жаркий сухой климат, малоэтажное строительство, объемно-планировочные решения зданий, солнцезащита, климатические условия, теплозащита.

ВВЕДЕНИЕ

Климатические особенности местности – важнейшие факторы, определяющие региональное своеобразие архитектуры. Их учет

в архитектурном проектировании позволяет улучшить микроклимат помещений и открытых пространств, сократить капитальные затраты и эксплуатационные расходы.