

DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614

¹Селицкая Н.В., ^{1,*}Бодяков А.Н.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: olga.koalchenko@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СРОКИ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ГРУНТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ОЧИСТКИ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА

Аннотация. В настоящее время на железнодорожном транспорте, в связи с проведением политики ресурсосбережения, актуальным является вопрос переработки и повторного использования имеющихся строительных материалов. В связи с этим, приоритетной задачей является внедрение при строительстве и реконструкции транспортных объектов железных дорог материалов полученных из техногенного сырья. На железнодорожном транспорте одним из видов такого сырья является отход очистки щебеночного балласта. Значительные объемы данного вида отходов характерны для всех направлений железных дорог Российской Федерации. Основной областью применения должны стать функциональные слои земляного полотна, а значит конечный продукт должен удовлетворять ряду нормативных требований. Для установления возможности использования отхода в качестве наполнителя при производстве грунтобетона, необходимо проведение лабораторных исследований, для получения физико-механических характеристик исходного и конечного материалов. Для получения прочностных показателей на грунтобетоне с использованием неорганического вяжущего, в лабораторных условиях, требуется значительный промежуток времени. В представленной статье проанализирована возможность применения пропарочной камеры при исследовании грунтобетонных образцов на основе отходов очистки щебеночного балласта в качестве компонента наполнителя. Таким образом, в статье рассматриваются сразу несколько актуальных для современного строительства вопросов. Исследование данных вопросов позволяет: 1) ускорить сроки набора прочности грунтобетона, при лабораторных испытаниях; 2) снизить стоимость производства грунтобетона; 3) утилизировать техногенное сырье, которое не используется в других отраслях; 4) освободить значительную полезную площадь, занимаемую отходами; 5) уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: щебеночный балласт, очистка балласта, техногенное сырье, укрепление земляного полотна, грунтобетон, температурно-влажностная обработка.

Введение. На сегодняшний день на железных дорогах Российской Федерации щебеночный балласт является самым распространенным видом подшпального основания. Данный вид подшпального основания под воздействием внешних факторов подвержен сильному загрязнению в процессе эксплуатации. В связи с этим, его дренажные свойства ухудшаются и, как следствие, балласт теряет несущую способность [1, 2]. Для восстановления исходных дренажных свойств балласт подвергают очистке. Утилизация отходов очистки, часть которых накапливается в отвалах, а другая часть сваливается вдоль дороги по ходу движения щебнеочистительной машины, является нерешенной проблемой. Значительные земельные территории заняты отходами, оказывающими пагубное воздействие на окружающую среду. Актуальной является задача по переработке и повторному применению данного материала.

Эффективно использовать отходы эксплуатации железнодорожного пути, решая при этом проблемы ресурсосбережения в строительстве и

охраны окружающей среды, является неотъемлемой частью дальнейшего развития железнодорожной отрасли [3–6].

Методология. Гранулометрический состав материала определялся ситовым методом, а оптимальная влажность и максимальная плотность методом стандартного уплотнения. Для получения картины минеральных составляющих исследуемого материала был использован метод рентгенофлуоресцентного анализа элементов.

Основная часть. С целью установления возможности использования материала, полученного в результате истирания щебня гранитных горных пород в процессе эксплуатации щебеночного балласта на Белгородской дистанции пути, были отобраны пробы для проведения испытаний. Визуально они представляют собой техногенный тонкодисперсный песок темно-серого цвета с насыпной плотностью 1545 кг/м³ и модулем крупности $M_k=1,13$, при этом фракция 0,16 и менее является наиболее характерной. Гранулометрический состав, полученный после отсева исходного материала, приведен на рис. 1. Согласно классификации ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ технические условия»

полученный материал относится к очень мелкому песку.

Результаты, полученные с помощью рентгенофлуоресцентного анализа пробы исходного техногенного сырья (рис. 2), показали, что наиболее характерными веществами, составляющими

основу, являются: кремнезем (70 % от массы), глинозем, а также оксиды кальция и железа. Остальные элементы присутствуют в малых количествах.

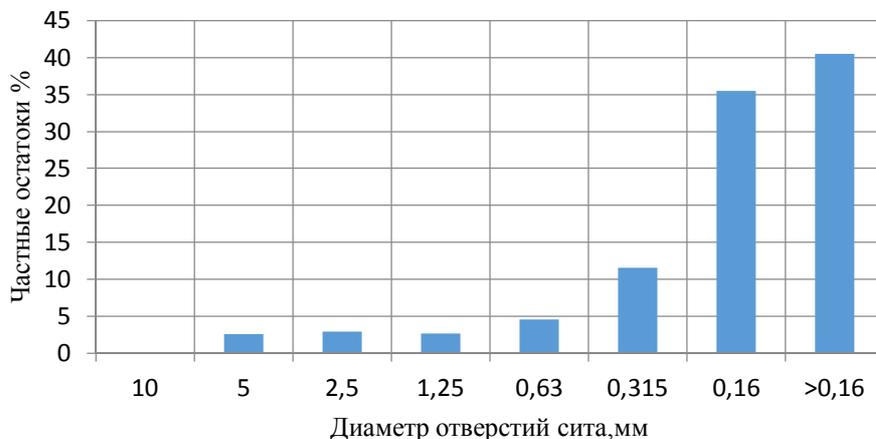


Рис. 1. Гранулометрический состав грунта

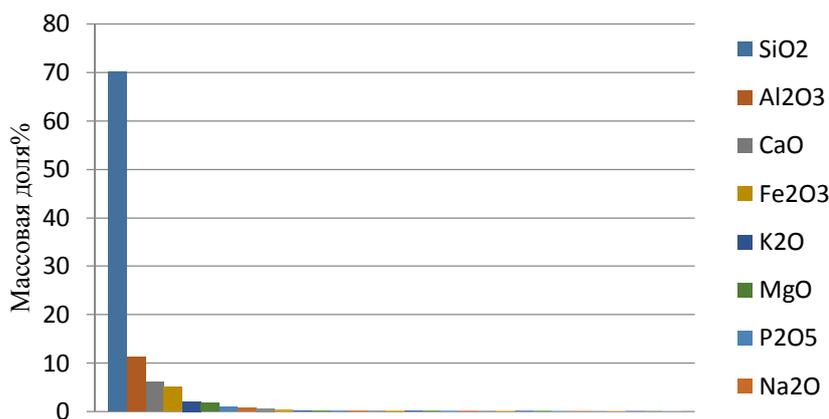


Рис. 2. Распределения основных оксидов

Для испытываемого грунта, согласно ГОСТ 22733-2016 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности», была определена оптимальная влажность и максимальная плотность (рис. 3). Из графика видно, что оптимальная влажность составляет $W = 12\%$, при

этом максимальная плотность скелета грунта равна $\rho_d = 1,85 \text{ г/см}^3$. Используя полученные значения оптимальной влажности и максимальной плотности, осуществлялся подбор состава для укрепления грунта минеральным неорганическим вяжущем (цемент ЦЕМ I 42,5 Н).

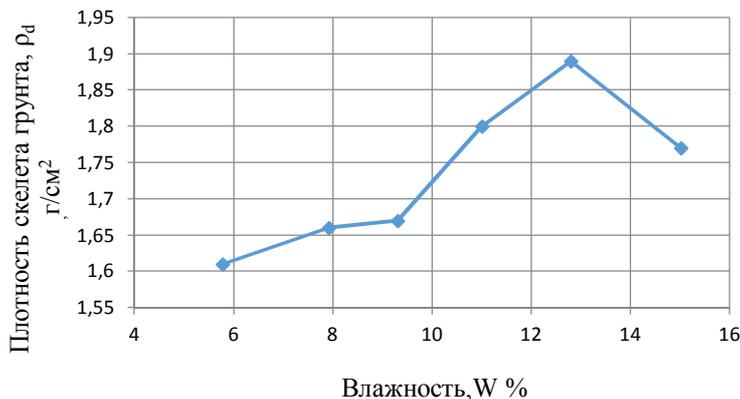


Рис. 3. График зависимости плотности скелета грунта от влажности

Так как значительную стоимость укрепленного грунта составляет цемент, то оптимальным будет считаться состав, при котором с минимальным содержанием вяжущего вещества, будут достигнуты требуемые физико-механические характеристики [7–12]. В проведенных экспериментах процентное соотношение при укреплении грунта минеральным вяжущим было принято в размере 8 %. Количество цемента рассчитывалось от общей массы укрепляемого грунта.

Согласно ГОСТ 23558-94 «Смеси щебено-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства», было произведено укрепление грунта. Предварительно песок был высушен до постоянной массы, при температуре 105 °С в сушильном шкафу. Далее было произведено смешение с цементом, и одновременное увлажнение до оптимальной влажности. В формы-цилиндры размером 50,05×50,05 мм засыпалась смесь подобранного состава, далее она уплотнялась. Формование образцов производилось на прессе, в течение 3 минут под нормативной нагрузкой. После уплотнения грунта оптимального состава, полученные

образцы-цилиндры взвешивались и проводился замер геометрических параметров.

ГОСТ 23558-94 предполагает твердение образцов-цилиндров в нормальных условиях (температура воздуха $t=20\pm 2$ °С, влажность – не менее 95 %) в течение 28 суток. Для исследования вопроса о возможности использования пропарочной камеры для ускорения сроков набора прочности грунтобетона были проведены следующие опыты [13, 14].

Все полученные образцы после формовки были разделены на серии (табл. 1.). Первая и вторая серии полученных образцов – контрольные, они набирали прочность в нормальных условиях в течение 28 суток. Остальные серии образцов помещались в пропарочную камеру и подвергались температурно-влажностной обработке. Температура обработки составляла $t= 80 \pm 5$ °С. Для выбора оптимального цикла обработки было решено использование двух различных вариантов 2-4-2 и 4-8-2 (набор температуры - время пропаривания – время остывания). С контрольными сериями производилось сравнение остальных серий образцов.

Таблица 1

Исследуемые серии образцов

Наименование	Цикл пропаривания	Сроки испытания, сут	Водонасыщение
1 серия	контроль	28	капиллярное
2 серия	контроль	28	полное
3 серия	2-4-2	После пропарки	-
4 серия	4-8-2	После пропарки	-
5 серия	4-8-2	7	-
6 серия	4-8-2	14	-

После завершения температурно-влажностной обработки по первому циклу (2-4-2) на 3 серии образцов было оценено их водонасыщение (рис. 4) и определен предел прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии. После окончания пропаривания по второму циклу (4-8-2) для 4,5,6 серии образцов, аналогично первому циклу, было оценено водонасыщение (рис. 4) и предел прочности на сжатия для 6 серии. При этом 5 и 6 серии образцов были помещены в камеру с нормальными условиями твердения на 7 и 14 суток соответственно. Эта операция была проведена для получения динамики набора прочности грунтобетонных образцов после их обработки. На 7 сутки – 5 серия, а на 14 сутки – 6 серия были испытаны аналогично 3 и 4 сериям. Спустя 28 суток первая серия была подвержена капиллярному водонасыщению в течение 72 часов, вторая серия - полному водонасыщению в течение 48 часов (рис. 4) и проведено испытание на прочность.

Результаты испытаний показали (рис 5.), что образцы после пропарки по циклу 4-8-2 (серия 4) набирают прочность, соответствующую 100 % прочности при полном водонасыщении (серия 2), это существенно сокращает время лабораторных испытаний данного материала (примерно на 27 дней). Дальнейшего набора прочности на 7 и 14 сутки после пропарки не наблюдалось. Цикл 2-4-2 показал набор только 80 % прочности (серия 3) относительно таких же образцов в возрасте 28 суток и полном водонасыщении. При этом образцы при полном водонасыщении имеют показатель прочности ниже на 20 % образцов с капиллярным водонасыщением.

Исследуемый материал показал высокие прочностные характеристики (М40), что соответствует нормативным требованиям по ГОСТ 23558-94. Из этого следует что материал является пригодным для приготовления грунтобетона, а дальнейшие его исследования являются перспективными.

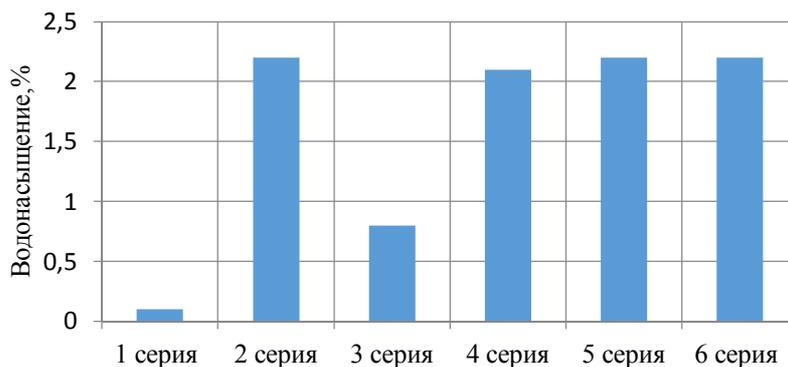


Рис. 4. Водонасыщение грунтобетонных образцов в зависимости от времени и условий твердения

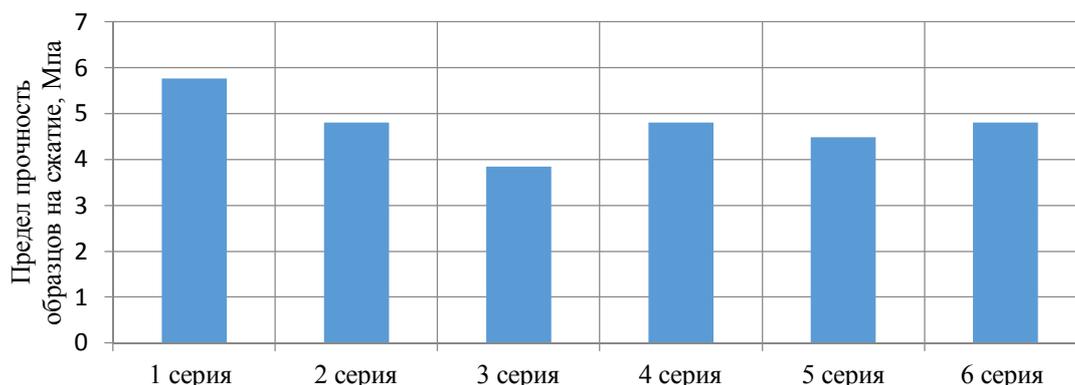


Рис. 5. Прочностные показатели

Выводы. В результате проведенных исследований была оценена пригодность отхода очистки щебеночного балласта для укрепления его цементом. Так же были установлены зависимости влияния температурно-влажностной обработки на динамику набора прочности грунтобетонных образцов. Основываясь на полученных данных можно утверждать следующее: 1) применение пропарочной камеры для ускорения набора прочности грунтобетона – целесообразно; 2) оптимальным является режим пропаривания по циклу 4-8-2; 3) предел прочности при сжатии серий образцов полученных после пропарочной камеры, сопоставим с образцами в возрасте 28 суток, подвергшихся полному водонасыщению; 4) при добавлении в грунтобетон стабилизатора, а также при введении в цемент добавок – требуется проведение дополнительных испытаний для установления изменения полученных зависимостей.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030

года». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. №877р.

2. Величко Д.В., Толстикова Н.А. Анализ загрязненности щебеночного балласта // Известия Транссиба Сибирский государственный университет путей сообщения. 2016. № 3. С. 110–117.

3. Гусев Н.К. Строительство конструктивных слоев аэродромных и дорожных одежд из местных материалов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 2 (65). С. 21–22.

4. Nakamura T. et al. Development of railway roadbed improvement method for existing lines by reusing deteriorated ballast // Quarterly Report of RTRI. 2014. Т. 55. №. 1. Pp. 46–50.

5. Горлов А.В. Инновационный подход к реконструкции земляного полотна // Мир транспорта. 2016. Т. 14. №. 3. С. 106–122.

6. Jian Q. Study on depth of roadbed working area and its influence factor // Urban Roads Bridges & Flood Control. 2013. Т. 10. Pp. 044.

7. Kharun M., Svintsov A. P. Soil-Cement Ratio and Curing Conditions as the Factors of Soil-Concrete Strength // Key Engineering Materials 2017. Vol. 73. Pp. 358–363.

8. Ланис А.Л., Разуваев Д.А. Усиление грунтов земляного полотна на подходах к мостам и

путепроводам // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2016. № 3. С. 97–104.

9. Загородных К.С., Кукина О.Б. Анализ проблемы укрепления глинистых грунтов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2016. №. 9. С. 55–63.

10. Акимов А.Е., Траутвайн А.И., Черногиль В. Б. Повышение физико-механических характеристик укрепленных грунтов при применении стабилизирующих добавок серии Чимстон / Наука и образование в современных условиях: сб. материалов международной (заочной) научно-практической конференции // Научно-издательский «Мир науки» (Нефтекамск, 15 сентября 2017 г.), Нефтекамск: Изд-во Научно-издательский центр "Мир науки", 2017. С. 49–55.

Информация об авторах

Селицкая Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: karavan1987@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бодяков Александр Николаевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в апреле 2018 г.

© Селицкая Н.В., Бодяков А.Н., 2018

¹*Selitskaya N.V.*, ^{1,*}*Bodyakov A.N.*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

*E-mail: olga.koalchenko@mail.ru

THE EFFECT OF TEMPERATURE-HUMIDITY TREATMENT IN TERMS OF SOIL CONCRETE STRENGTH BASED ON TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF BALLAST STONE CLEANING

Abstract. At present, in the context of resource-saving policy, the issue of recycling and reusing of existing building materials is relevant in the railway transport. In this regard, the priority task is to embed materials for the construction and reconstruction of railway transport facilities derived from technogenic raw materials. Raw materials of ballast stone cleaning is a type of such raw material. Significant volumes of this type of waste are typical for all directions of Russian railways. The main application area should be functional layers of the roadbed; therefore, the final product must satisfy a number of regulatory requirements. To establish the possibility of using waste as a filler in the production of ground concrete, it is necessary to conduct laboratory studies to obtain the physical and mechanical characteristics of the source and final materials. A considerable time interval is required to obtain strength indexes on ground concrete using an inorganic binder in laboratory conditions. The article presents the possibility of using a steam chamber for the investigation of ground concrete based on wastes of ballast stone as a filler component. Thereby a few relevant issues for modern construction are considered in the article. The study of these issues allows: 1) to accelerate the recruitment time of ground concrete in laboratory tests; 2) to reduce the cost of ground concrete production; 3) to reclaim technogenic raw materials that are not employed in other industries; 4) to release a significant useful area that is occupied by waste; 5) to reduce the ecological impact on the environment.

Keywords: ballast stone, ballast cleaning, technogenic raw materials, stabilization of roadbed, ground concrete, temperature and humidity treatment.

REFERENCES

1. Railway transport development strategy in the Russian Federation until 2030 Approved by order of the Government of the Russian Federation on 17 June 2008, no. 877 p.
2. Velichko D.V., Tolstikova N.A. Analysis of contamination of the crushed stone ballas. Journal of Transsib Railway Studies. Siberian Transport University, 2016, no. 3, pp. 110–117.
3. Gusev N.K. Construction of structural layers of airfield and road clothes made of local materials. Science and technology in the road sector, 2013, no. 2 (65), pp. 21–22.
4. Nakamura T. et al. Development of railway roadbed improvement method for existing lines by reusing deteriorated ballast. Quarterly Report of RTRI, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 46–50.
5. Gorlov A.V. Innovative approach to the reconstruction of roadbed. World of transport, 2016, T. 14, no. 3, pp. 106–122.
6. Jian Q. Study on depth of roadbed working area and its influence factor. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2013, vol. 10, pp. 044.
7. Kharun M., Svintsov A.P. Soil-Cement Ratio and Curing Conditions as the Factors of Soil-Concrete Strength. Key Engineering Materials, 2017, vol. 730, pp. 358–363.
8. Lanis A.L., Razuvaev D.A. Strengthening the soils of the roadbed on approaches to bridges and overpasses. Bulletin of the Rostov State University of Railway Transport, 2016, no. 3, pp. 97–104.
9. Zagorodnykh K. S., Kukina O. B. Analysis of clay soil strengthening problem. Scientific Herald of Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: Student and science, 2016, no. 9, pp. 55–63.
10. Akimov A.E., Trautvain A.I., Chernogil V.B. Increase of physical and mechanical characteristics of fortified soils with the use of stabilizing additives of the Chimston series. Science and education in modern conditions: Sat. materials of the international (correspondence) scientific and practical conference. Scientific and publishing "The World of Science" (Neftekamsk, September 15, 2017), Neftekamsk: Publishing House Science and Publishing Center "World of Science", 2017, pp. 49–55.
11. Li Z., Ma J., Yuan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite. Modeling and Computation in Engineering II, 2013, vol. 201, pp. 207–212.
12. Pereira R. S. et al. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road. Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 212–217.
13. Ramezaniyanpour A.A., Khazali M.H., Vosoughi P. Effect of steam curing cycles on strength and durability of SCC: A case study in precast concrete. Construction and Building Materials, 2013, no. 49, pp. 807–813.
14. Hanifac A., Kimb Y., Lua Z., Park Ch. Early-age behavior of recycled aggregate concrete under steam curing regime. Journal of Cleaner Production, 2017, no. 152, pp. 103–114.

Information about the authors

Selitskaya, Natalya V. PhD, Assistant professor. E-mail: karavan1987@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bodyakov, Aleksandr N. Postgraduate student. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in April 2018

Для цитирования:

Селицкая Н.В., Бодяков А.Н. Влияние температурно-влажностной обработки на сроки набора прочности грунтобетона на основе техногенного сырья очистки щебеночного балласта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 41–46. DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614

For citation:

Selitskaya N.V., Bodyakov A.N. The effect of temperature-humidity treatment in terms of soil concrete strength based on technogenic raw materials of ballast stone cleaning. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 41–46. DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614