

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-8-15

Высоцкая М.А., *Лашин М.В., Курлыкина А.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТА С СОДЕРЖАНИЕМ РАКУШКИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема применения грунтов, представленных песком со значительным содержанием ракушки в строительстве насыпей железных и автомобильных дорог. Обзор литературных источников по данной теме не дал никаких результатов, что вызвало интерес к вопросу о возможности использования данного грунта. Проведены исследования по определению основных физико-механических свойств песка-ракушечника. Получены данные, отображающие динамику изменения физико-механических свойств грунта в процессе уплотнения. Выявлена зависимость уменьшения частных остатков с 10 до 0,1 сита. Максимальное увеличение частного остатка происходит на сите 0,1. Очевидно, эти изменения являются следствием измельчения грунта под действием большой механической нагрузки и являются одним из факторов уменьшения фильтрации в данном грунте. Установлено, что значение коэффициента фильтрации при входном контроле составило – 2,58 м/сут., после уплотнения этого же грунта в теле насыпи коэффициент фильтрации упал до – 1,51 м/сут. Таким образом, наблюдается снижение коэффициента фильтрации после уплотнения грунта на 41,5 % в сравнении с входными испытаниями грунта. Обоснована необходимость дальнейших исследований для поиска технологических решений по применению такого грунта на объектах дорожного строительства.

Ключевые слова: грунт, ракушечник, физико-механические характеристики, гранулометрический состав, коэффициент фильтрации.

Введение. Стабильность и долговечность земляного полотна автомобильных и железных дорог – основные факторы, определяющие надежность и работоспособность возводимой конструкции. Они напрямую зависят от основных физико-механических характеристик применяемого грунта: плотности, фильтрации и гранулометрического состава.

Действующие в нашей стране нормативы СП 46.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 "Мосты и трубы"» (далее – СП 46) и СП 78.13330.2012. «Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. "Автомобильные дороги"» (далее – СП 78), предъявляют различные требования к плотности и степени уплотнения грунта. Требования зависят от дорожно-климатической зоны строительства и расположения слоя грунта по высоте насыпи¹.

Не зависимо от климатической зоны, особое внимание требуется уделять качеству уплотнения верхнего слоя земляного полотна, который находится под дорожной одеждой автомобильных дорог или балластной призмой железных дорог. Данный слой располагается в рабочей зоне и

воспринимает основные нагрузки от проезжающего транспорта.

Грунты, применяемые при отсыпке насыпи, предусматриваются проектом с уточнением коэффициентов уплотнения и фильтрации на объекте.

В соответствии с ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава» в строительстве автомобильных и железных дорог предпочтительнее использовать песчаные грунты, в которых масса частиц размером 0,05–2 мм составляет более 50 % с числом пластичности $I_p < 1$ %. Классификация грунта по зерновому составу приведена в ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» в зависимости от крупности, определяемой ситовым методом. В соответствии с этой классификацией песок может быть: гравелистым, крупным, средним, мелким и пылеватым. Более того, при возведении насыпи над трубами, водопропускными сооружениями, отсыпки устоев мостов, в используемых грунтах коэффициент фильтрации должен быть не менее 2 м/сут, согласно СП 46.

¹Методические рекомендации по уточнению норм плотности грунтов насыпей автомобильных дорог в различных региональных условиях. Науч.-тех. сов. Минтрансстрой. Союздорнии. М., 1988. 7 с.

Таким образом, в зависимости от объекта строительства, возводимая насыпь должна соответствовать ряду требований:

- уплотнение не менее 0,98 от максимальной плотности применяемого грунта;
- грунт в теле насыпи быть однородным;
- коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут. для насыпи автомобильных и железных дорог;
- коэффициент фильтрации не менее 2 м/сут. для участков насыпей за устоями мостов;
- положение земляного полотна в плане соответствовать проекту.

Однако, протяженность нашей страны значительна и, зачастую, каждый объект строительства характеризуется определенными особенностями обеспечения техническими средствами и применяемых материалов. Так, местные грунты могут характеризоваться недостаточными показателями для применения их в строительстве или не соответствовать требованиям проектной документации. Однако использование привозного

грунта связано с огромными финансовыми вложениями. В таких случаях, если производитель работ сможет доказать заказчику целесообразность использования местных грунтов без потери качества возводимого объекта, применение местных грунтов становится возможным. Это определяет интерес отрасли к укреплению и стабилизации грунтов [1–7].

Материалы и методы. В представленном исследовании рассматривается опыт возведения насыпи объекта дорожной инфраструктуры из грунта со значительным содержанием ракушки.

В процессе производства работ было выявлено значительное изменение показателей свойств грунта на стадии испытания и его укатки в насыпи. Стоит отметить, что содержание ракушки с размером больше 5 мм. в среднем составляет 5–10 % от общей массы партии грунта (рис. 1). Ракушки данной фракции в наибольшей степени подвержены измельчению, в следствии уплотнения катком, что влияет на стабильность и показатели свойств грунта: зернового состава и физико-механические свойства.



Рис. 1. Ракушка размером >5 мм

Анализ литературных и нормативных источников по тематике исследования показал отсутствие опыта применения данного грунта в дорожном строительстве. Это определило актуальность и необходимость дальнейших исследований на предмет возможности использования грунта с содержанием ракушки в транспортном строительстве.

В качестве примера, рассмотрим один объект дорожной инфраструктуры, возведенный из грунта со значительным содержанием ракушки рис. 2.

В соответствии с проектом, песок используют как дренирующий грунт. Грунт разрабатывается намывным способом и просеивается на грохоте с ситами 20 и 10 мм, для отделения органических примесей и крупных включений. На выходе получается песок, имеющий различную классификацию по зерновому составу, зависящую от разрабатываемого слоя. На основании представленных исследований, было установлено, что грунт обладает нестабильными свойствами, а именно: изменяется плотность и коэффициент фильтрации в результате уплотнения механизированным способом.

Данные исследования грунта-ракушечника показали, что при входном контроле основные

физико-механические значения характеризуются значениями, представленными в табл. 1.



Рис. 2. Общий вид грунта ракушечника

Данные таблицы 1 получены из серии образцов, отобранных с различных карт намыва в течение семи месяцев исследований. Как видно, колебания в показателях довольно существенны.

В связи с колебанием показателей и различием физико-механических свойств грунта из уплотненного слоя, относительно лабораторных

тестов, возникла целесообразность спрогнозировать возможные изменения в гранулометрическом составе и коэффициенте фильтрации устраиваемого слоя. Для этого, грунт, представленный ракушечником, был дополнительно проверен пробной укаткой, сопровождающейся характерными изменениями его показателей.

Таблица 1

Физико-механические показатели грунта ракушечника

Наименование показателей	Фактические значения
Максимальная плотность, г/см ³	1,66 ± 0,05
Оптимальная влажность, %	12,8 ± 1,5
Коэффициент фильтрации, м/сут.	2,6 ± 1,0
Содержание частиц менее 0,10 мм, %	3,0 ± 2,0

Для моделирования поведения грунта при уплотнении была разработана программа исследований, по которой испытания проводились при входном контроле, затем этот же грунт распределяли в один слой на подготовленной площадке и отбирали пробы после уплотнения катком до проектного значения 0,98 от максимальной плотности грунта. Дополнительно уплотнение грунта производили на приборе стандартного уплотнения.

Дальнейшие испытания выполнялись на 5 сериях образцов песка средней крупности. При входном контроле определялись основные физико-механические характеристики грунта, за основу были взяты усредненные показатели.

Определение гран состава грунта выполнялось согласно ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Ме-

тоды лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава». Грунт высушивали до постоянной массы, рассеивали при входном контроле, затем производили уплотнение на ПСУ и делали повторный рассев. Исследованию так же подвергались пробы, отобранные непосредственно из конструктивного слоя после уплотнения катком. В соответствии с ГОСТ 22733-2016 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности», при уплотнении грунта на ПСУ, предварительно отсеивали фракции больше 5 мм. Полученные данные были усреднены по каждому способу испытания, на их основе построен график, отображающий динамику изменения гран состава грунта (рис. 3).

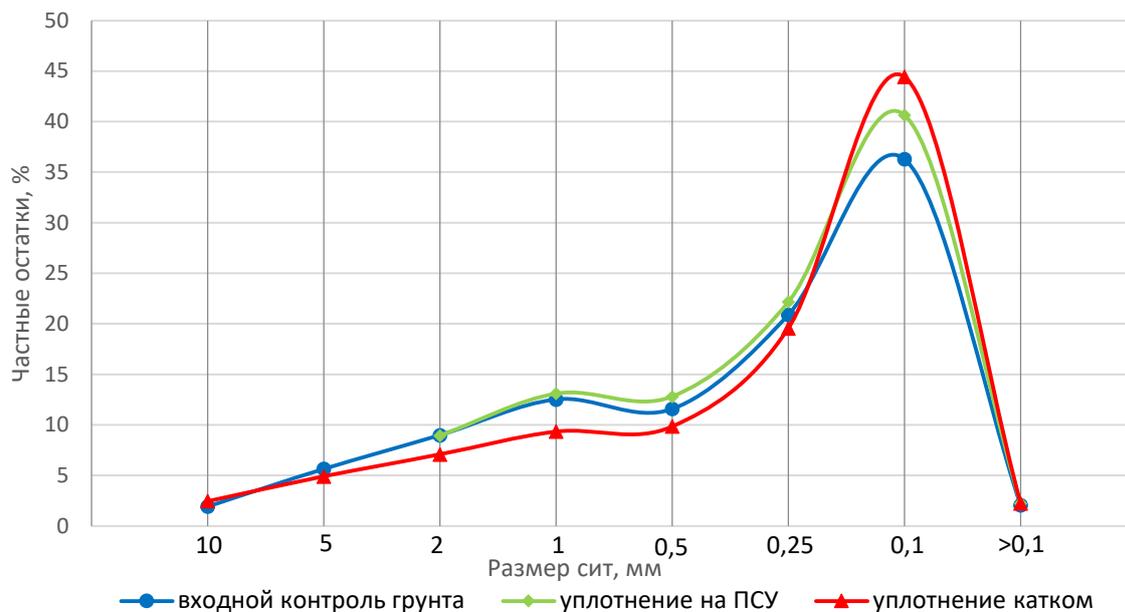


Рис. 3. Сравнение гранулометрического состава грунта после уплотнения

Наибольшие отклонения от показаний входного контроля характерны для проб после уплотнения катком. Как видно, в образцах грунта, после уплотнения катком, наблюдается уменьшение частных остатков с 10 до 0,1 сита. Максимальное увеличение частного остатка происходит на сите 0,1. Очевидно, эти изменения являются следствием измельчения грунта под действием большой механической нагрузки.

Так как максимальной плотности грунта и, особенно, песка можно добиться только при его

частичном увлажнении, важным физико-механическим показателем является значение оптимальной влажности. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности производилось для каждой пробы грунта согласно ГОСТ 22733-2016 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности». По полученным усредненным результатам испытаний был построен график зависимости плотности от влажности грунта (рис. 4).

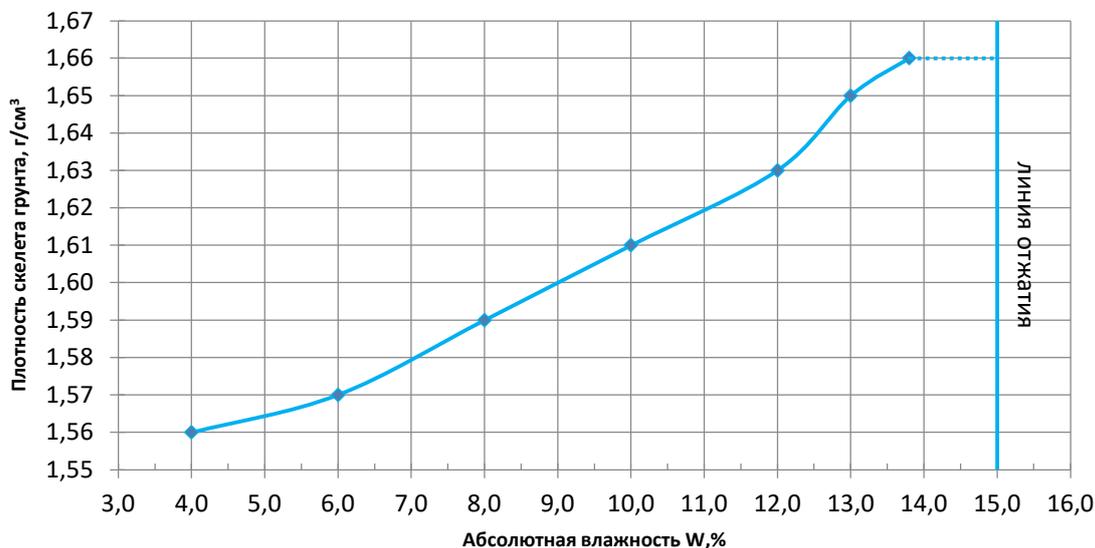


Рис. 4. График зависимости изменения значений плотности сухого грунта от влажности

Одним из важных факторов формирования плотности песчаных грунтов в естественных условиях является их влажность. Собственно, для песков, как утверждает многими исследователями, следует рассматривать общность плотность – влажность [8]. Плотность зависит от ми-

нерального состава и пористости. Чем выше содержание тяжелых минералов и ниже пористость, тем выше плотность [9].

В соответствии с ГОСТ 22733-2016 максимальная плотность – это наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытании грунта методом стандартного уплотнения, а

оптимальная влажность – это значение влажности грунта, соответствующее максимальной плотности сухого грунта. Однако, как видно из рисунка 4, плотность увеличивается в ходе проведения всего эксперимента, но значение явно выраженного максимума плотности отсутствует. При достижении влажности более 14 % определение плотности становится невозможным, по причине выдавливания переувлажнённого грунта из формы и отжатия воды. Поэтому, за максимальную плотность грунта принято значение, пред отжатием воды из формы и значение влажности, соответствующее ординате.

Таким образом, значение оптимальной влажности составило 13,8 %, а максимальной плотности 1,66 г/см³.

В связи с этим, следующим этапом в постановке эксперимента было определение коэффициента фильтрации.

Определение коэффициента фильтрации выполнялось согласно ГОСТ 25584-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации». Значение показателей каждой пробы отличалось от других, это очевидно обусловлено наличием примесей и индивидуальными особенностями гранулометрического состава грунта.

Так, среднее значение коэффициента фильтрации составило: при входном контроле – 2,58 м/сут., после испытания на ПСУ – 1,84 м/сут., после уплотнения катком – 1,51 м/сут. Таким образом, при уплотнении грунта катком, динамика падения коэффициента фильтрации соответствующей динамике изменения гран состава песка – ракушечника.

Основная часть. Известно, что водопроницаемость грунта зависит от структуры зерен, их крупности и размера пор [10]. Логично предположить, что изменение коэффициента фильтрации может быть связано с измельчением частиц грунта и как следствие, уменьшением порового пространства в слое грунта.

Учитывая тот факт, что при среднем размере пор более 0,1 мм силы капиллярного поднятия практически сводятся к нулю, и вода в таких промежутках перемещается только под действием силы тяжести [11], особое внимание стоит уделять количеству грунта, оставшемуся на сите № 0,1 и прошедшему через сито № 0,1. Поэтому, в соответствии с СП 46, содержание частиц на сите <0,1 должно составлять не более 10 %, что соответствует нашему случаю.

Получив результаты исследований, возникает вопрос, от чего же зависит такое изменение гранулометрического состава грунта и падение коэффициента фильтрации?

Изменение гранулометрического состава, в первую очередь, является следствием механического воздействия катка, на слабые зерна ракушечника, которые измельчаются и забивают межпоровое пространство более крупных частиц [12]. Представленный грунт содержит ракушку, которую можно легко сломать руками. Можно представить, что происходит с такими зёрнами грунта под воздействием несколько тонного вибрационного катка.

Еще в 1937 г. проф. Охотин В.В. описал основные факторы, влияющие на коэффициент фильтрации. К главным из них, он относил размер пор, общую пористость и характер поверхности частиц [11].

Размер пор зависит от крупности частиц. Чем больше частицы, тем больше поровое пространство, которое они образуют между собой, тем свободнее и быстрее протекает фильтрация.

Для грунтов с неоднородным гранулометрическим составом ярко выражена фаза сжатия, называемая фазой сдвигов. На этом этапе в уплотненной структуре грунта происходит потеря устойчивости отдельных мелких частиц и их мгновенное перемещение в крупные поры, в результате чего структура грунта сильно изменяется. Если в гранулометрическом составе представлены частицы разных размеров, то поры между наиболее крупными из них могут быть заполнены более мелкими [13]. Известно, что при уплотнении слоя грунта применяют полив водой, которая может выступать в роли смачивателя и помогать более мелким частицам перемещаться и заклинивать более крупные.

Так как количество мелких частиц в грунте увеличивается, в процессе укатки происходит эффект заклинивания, в результате которого наблюдается падение коэффициента фильтрации. Необходимо понимать, что нагрузка на автомобильную или железную дорогу постоянная, а информация, до какой степени способны измельчаться частицы грунта, представленные ракушкой, отсутствует. Можно предположить, что со временем эта система будет становиться только плотнее, со специфическим понижением коэффициента фильтрации.

Стоит так же отметить химический состав данного грунта. Если, в природе, песок представлен в основном минералами кварца (SiO₂) [14], то ракушка преимущественно состоит из известняка (CaCO₃). Находясь в достаточно мелком состоянии, при наличии водной среды и спрессовывающей нагрузки в течение продолжительного времени, структура может стать монолитной.

Выводы

1. Установлена зависимость изменения физико-механических характеристик в процессе уплотнения.

2. Проведены исследования по сравнению основных физико-механических свойств до и после уплотнения грунта в насыпи, демонстрирующие уменьшение коэффициента фильтрации в теле насыпи на 41,5 %, и увеличение дисперсности грунта в следствие механического воздействия.

3. Возможности использования данного грунта только при отсыпке насыпей для автомобильных и железных дорог (K_f грунта – ракушечника более 0,5 м/сут).

4. Важно выявить соотношение песка и ракушки в грунте и понять, при каких условиях среды и нагрузки возможно омоноличивание конструкции.

5. Актуальным направлением исследований является разработка эффективных технологий, позволяющих использовать грунт – ракушечник в конструктивных слоях транспортных сооружений без ограничений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов Н.В., Расинэ Ж. Обзор современных методов усиления и стабилизации слабых оснований // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 4 (115). С. 499–513.

2. Раковски З., Кузнецова А.В. Механическая стабилизация конструктивных слоев в транспортном строительстве на набухающих и пучинистых грунтах // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. XIII междунар. научно-техн. конф., Москва, 31 марта – 01 апр., 2016 г. М.: МИИТ, 2016. С. 27-32.

3. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М., Еличев К.А. Стабили-

зация грунта неорганическими вяжущими // Интернет-журнал «Наукоедение». 2014. № 6. <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf>

4. Горьков В.А., Коришко А.Н., Набоков А.В., Крижановская Т.В., Огороднова Ю.В. Стабилизация грунтов методом «Холодного ре-сайклинга» в условиях многолетнемерзлых грунтов для обустройства нефтегазовых месторождений // Фундаментальные исследования. 2017. № 7. С. 20–24.

5. Золотых С.Н. Стабилизация глинистых грунтов в транспортном строительстве // Образование, наука, производство. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 600–603.

6. Chijioke C.I., Donald C.N. Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019. No. 11. Pp. 423-440.

7. Zaid H.M.A. Review of Stabilization of Soils by using Nanomaterials // Aust. J. Basic & Appl. Sci. 2013. No. 7. Pp. 576–581.

8. Дудлер И.В. Значение понятия «плотность - влажность» для изучения и оценки физико механических свойств песчаных грунтов // Вопросы инженерной геологии. М.: МИСИ, 1977. 7 с.

9. Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов: учебное пособие. М.: КДУ. 2008. 542 с.

10. Беховых Л.А., Макарычев С.В., Шорина И.В. Основы гидрофизики: учебное пособие. Барнаул. 2008. С. 150–160.

11. Охотин В.В. Физические и механические свойства грунтов. М.: 1937. 120 с.

12. Мирный А.Ю., Гайков Е.А., Зубов А.О. Зависимость сжимаемости несвязных грунтов от степени однородности гранулометрического состава // Вестник МГСУ. Т. 26, № 1. С. 12–18.

13. Потапов А.Д., Платонов Н.А., Лебедева М.Д., Песчаные грунты. М.: 2009. 256 с.

14. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. Учебное пособие. 2-е издание. М.: Высш. шк., 1986. 239 с.

Информация об авторах

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильные и железные дороги. E-mail: rogugi@gambler.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лашин Максим Викторович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: Nedostyrnbli@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Курлыкина Анастасия Владимировна, магистрант кафедры автомобильные и железные дороги. E-mail: anastasiyakurlikina@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в январе 2020 г.

© Высоцкая М.А., Лашин М.В., Курлыкина А.Д., 2020

Vysotskaya M.A., *Lashin M.V., Kyrlikina A.V.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova
*E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru

USE OF SHELL-CONTAINING SOIL IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Abstract. The article deals with the problem of using soils represented by sand with a significant content of shell in the construction of embankments of railways and highways. The review of literature sources on this topic did not yield any results, which aroused interest in the possibility of using this soil. Research has been carried out to determine the main physical and mechanical properties of shell sand. Data showing the dynamics of changes in the physical and mechanical properties of the soil during compaction are obtained. The dependence of the reduction of partial residues from 10 to 0.1 sieves is revealed. The maximum increase in the partial remainder occurs on the screen 0,1. Obviously, these changes are the result of grinding the soil under the influence of a large mechanical load and are one of the factors reducing filtration in this soil. It is found that the value of the filtration coefficient at the input control is 2.58 m/day., after compaction of the same soil in the body of the embankment, the filtration coefficient fell to 1.51 m/day. Thus, there is a decrease in the filtration coefficient after compaction of the soil by 41.5% in comparison with the input tests of the soil. The need for further research to find technological solutions for the use of such soil on road construction sites is justified.

Keywords: soil, shell rock, physical and mechanical characteristics, particle size distribution, filtration coefficient.

REFERENCES

1. Romanov N.V., Rasine Zh. Review of modern methods of strengthening and stabilization of weak bases [Obzor sovremennih metodov ysileniya I stabilizatsii slabih osnovanii]. Bulletin of MGSU. 2018. Vol. 13. No. 4 (115). Pp. 449–513. (rus)
2. Rakovski Z., Kyznetsova A.V. Mechanical stabilization of structural layers in transport construction on swelling and heaving soils [Mekhanicheskaya stabilizatsiya konstruktivnih sloev v transportnom stroitelstve na nabyhayschih I pychinistyh gryntah]. Modern problems of design, construction and operation of the railway. XIII international scientific and technical conference. Moscow. March 31 - April 01. 2016. Moscow. MIIT. 2016. Pp. 27–32. (rus)
3. Romanenko I.I., Romanenko M.I., Petrovina I.N., Pint E. M., Elichev K.A. Soil stabilization with inorganic binders [Stabilizatsiya grynta neorganicheskimi vyzayshimi]. Internet journal "Science of Science". 2014. No. 6. (rus) <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf>
4. Gor'kov V.A., Korishko A.N., Nabokov A.V., Krizhanivskaya T.V. Ogorodnova YU.V. Stabilization of soils by the method of "cold recycling" in the conditions of permafrost soils for the development of oil and gas fields [Stabilizatsiya gruntov metodom «Holodnogo resajklinga» v usloviyah mnogoletnemerzlyh gruntov dlya obustrojstva neftegazovyh mestorozhdenij]. Basic research. 2017. No. 7. Pp. 20–24. (rus)
5. Zolotih S.N. Clay soil stabilization in transport construction [Stabilizatsiya glinistyh gruntov v transportnom stroitelstve]. BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. Pp. 600–603. (rus)
6. Chijioke C.I., Donald C.N. Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019. No. 11. Pp. 423–440.
7. Zaid H.M.A. Review of Stabilization of Soils by using Nanomaterials. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 2013. No. 7. Pp. 576–581.
8. Dudler I.V. The meaning of the concept «density – humidity» for the study and assessment of the physico-mechanical properties of sandy soils [Znachenie ponyatiya «plotnost' - vlazhnost'» dlya izucheniya i ocenki fiziko mekhanicheskikh svoystv peschanyh gruntov]. Questions of engineering geology. Moscow. IISI. 1977. 7 p. (rus)
9. Dmitriev V.V., YArg L.A. Methods and quality of laboratory studies of soils: a training manual [Metody i kachestvo laboratornogo izucheniya gruntov: uchebnoe posobie]. Moscow. KDU. 2008. 542 P. (rus)
10. Bekhoviyh L.A., Makarychev S.V., Shorina I.V. Fundamentals of hydrophysics: a training manual [Osnovy gidrofiziki: uchebnoe posobie]. Barnaul. 2008. Pp. 150–160. (rus)
11. Ohotin V.V. Physical and mechanical properties of soils [Fizicheskie i mekhanicheskie svoystva gruntov]. Moscow. 1937. 120 p. (rus)
12. Mirnyj A.Yu., Gajkov E.A., Zubov A.O. The dependence of the compressibility of incoherent soils on the degree of uniformity of particle size distribution [Zavisimost' szhimaemosti nesvyaznyh gruntov ot stepeni odnorodnosti granulometricheskogo sostava]. Vestnik MGSU. Vol. 26, No. 1. Pp. 12–18. (rus)
13. Potapov A.D., Platonov N.A., Lebedeva M.D. Sandy soil [Peschanye grunty]. Moscow. 2009. 256 p. (rus)

14. Babkov V.F., Bezruk V.M. Fundamentals of soil science and soil mechanics. Tutorial. 2nd edition [Osnovy gruntovedeniya i mekhaniki gruntov.

Uchebnoe posobie. 2-e izdanie]. Moscow Higher school. 1986. 239 p. (rus)

Information about the authors

Visotskaya, Marina A. PhD, Assistant professor. E-mail: roruri@rambler.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lashin, Maxim V. Postgraduate student. E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kyrlikina, Anastasiya V. Master student. E-mail: anastasiyakurlikina@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in January 2020

Для цитирования:

Высоцкая М.А., Лашин М.В., Курлыкина А.Д. Использование грунта с содержанием ракушки в транспортном строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 3. С. 8–15. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-8-15

For citation:

Vysotskaya M.A., Lashin M.V., Kyrlikina A.V. Use of shell-containing soil in transport construction. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 3. Pp. 8–15. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-8-15