

**Н. А. Кречко**  
**N. A. Krechko**  
*nattigood@mail.ru*  
**Е. А. Евсева**  
**E. A. Evseeva**  
*e\_2a@mail.ru*

Белорусский национальный технический университет (БНТУ), г. Минск  
Belarusian National Technical University (BNTU), Minsk

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **EFFICIENT USE OF LOCAL MAN-MADE WASTE IN ROAD CONSTRUCTION**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы получения искусственного гравия на основе тонкодисперсных отходов промышленности, исследованы его механические характеристики. Приведено сравнение составов с добавлением неорганических вяжущих.

**Abstract.** Study of the issues of obtaining artificial gravel based on fine industrial waste, the study of its mechanical characteristics. A comparison of compositions with the addition of inorganic binders is given.

**Ключевые слова:** искусственный гравий, гранитный отсев, фосфогипс, давление прессования.

**Key words:** artificial gravel, granite screenings, phosphogypsum, pressing pressure.

Техногенные отходы промышленного производства образуются преимущественно в твердом и жидком состоянии в процессе получения продукта из природного сырья. Вторичное использование твердых отходов незначительно и основная их часть скапливается в отвалах и шламохранилищах, что приводит к загрязнению окружающей среды и отчуждению земель сельхозназначения. Несмотря на давность и большое количество исследований в области утилизации и переработки промышленных отходов, проблема остается актуальной до сих пор. Основной отраслью промышленности, в которой техногенные отходы могут быть использованы в качестве вторичных ресурсов – строительная. Она позволяет перерабатывать различные виды твердых отходов в большом количестве, что в полной мере относится к строительству автомобильных дорог низких категорий с устройством покрытий облегченного или переходного типа, а также оснований в конструкции дорожной одежды. Широкое применение нашла технология стабилизации природных и техногенных грунтов неорганическими вяжущими материалами, основными из которых являются цемент и известь [1; 2]. В качестве техногенных грунтов чаще всего

используются фосфогипс и тонкодисперсный гранитный отсев [3]. Одним из направлений утилизации данных отходов может быть изготовление из них искусственного гравия методом прессования, который можно будет использовать в дорожном строительстве при устройстве оснований дорог низких категорий. Большое разнообразие прессового оборудования позволит придать окускованному материалу любые размеры и форму. Задача состоит в подборе состава смеси, ее влажности и давлении прессования, достаточного для получения гравия требуемой прочности.

При исследовании влияния давления прессования на прочность образцов изучались составы с исходной влажностью 7 масс%, содержащие гранитный отсев, являющийся побочным продуктом производства щебня ОАО «Гранит» (г. Микашевичи, РБ) с размерами частиц менее 20 мкм и известь. Минералогический состав отсева – смесь плагиоклаза (50–60%), кварца (5–12%), биотита (10-20%), амфибола (5–15%), эпидота (4–7%) и микроклина (1–5%). Прочность образцов-цилиндров с диаметром 7 см после пропаривания при температуре 95<sup>0</sup> в течение 6 часов представлена на рис. 1. Содержание извести в пересчете на СаО варьировалось в пределах 6–20 масс%.

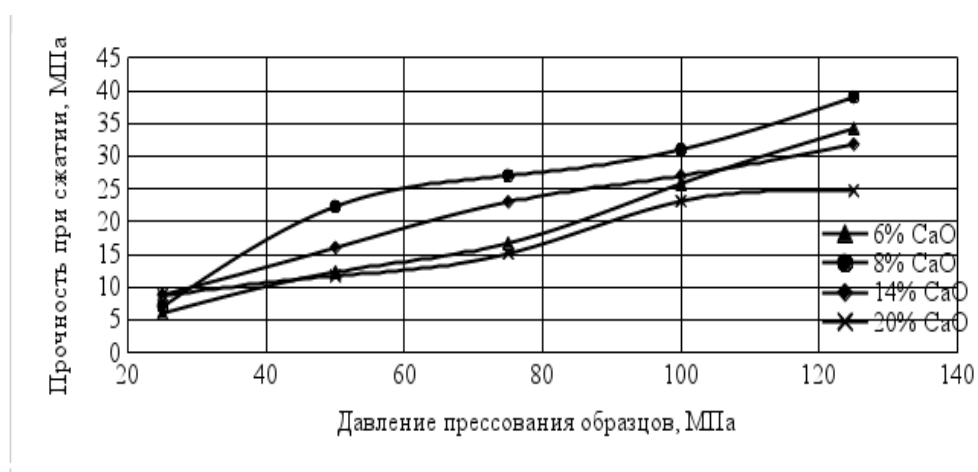


Рис. 1. Влияние давления прессования образцов из гранитного отсева и извести на прочность при сжатии

Показано, что при повышении давления прессования от 25 до 125 МПа прочность образцов увеличилась от 5-8 МПа до 25-38 МПа. Оптимальное содержание извести в составе при данном способе пропаривания - 8 масс%, при более высоком содержании гидроксида кальция для полного его взаимодействия с кремнеземистыми компонентами требуется тепловлажностная обработка в автоклаве. Это приведет к значительным энергозатратам в процессе получения конечного продукта.

Для получения гравия исследовались образцы на основе гранитного отсева и цемента М500, содержание которого изменялось в пределах 10–20 масс%, влажность смеси

составляла 8 масс.%. На рис. 2, 3 представлены зависимости прочности при сжатии и плотности образцов-цилиндров с диаметром 7 см в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях от величины давления прессования.

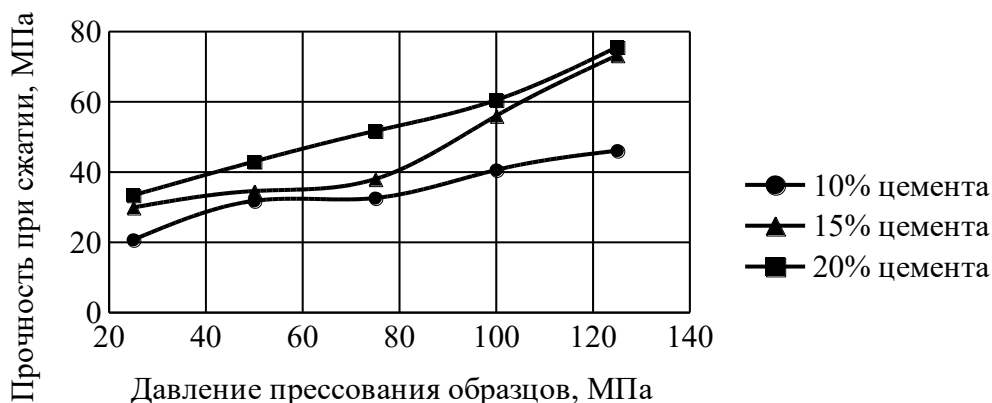


Рис. 2. Влияние давления прессования образцов из гранитного отсева и цемента на прочность при сжатии

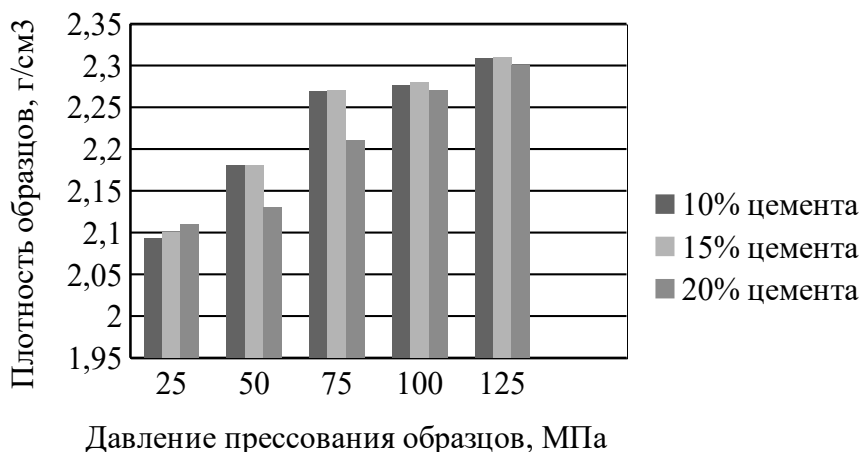


Рис.3. Влияние давления прессования образцов из гранитного отсева и цемента на плотность

Увеличение содержания цемента положительно сказывается на прочности, которая возрастает до 75 МПа, но введение его свыше 10 масс.% экономически нецелесообразно. Оптимальное давление прессования образцов данного состава определяется в пределах 50–60 МПа, дальнейшее повышение давления на прочность и плотность сказывается незначительно. Следует отметить, что при давлении 25 МПа прочность достигает 20–35 МПа, что превышает требуемую для гравия. В связи с этим предпринялась попытка снизить давление прессования до 2 МПа. Исследованию подвергались составы, содержащие смесь гранитного отсева и цемента М500 с добавлением фосфогипса-дигидрата, отхода Гомельского химического завода, содержание которого изменялось в пределах 10–30 масс.%. Содержание цемента сохранялось постоянным в количестве 10 масс.%, влажность состава –

12 масс%. Дополнительно в смесь вводились 0,5 масс% наноксида кремния, 1 масс.% суперпластификатора марки «Бетопласт LS» (все от массы цемента) и для нейтрализации фосфогипса – 1 масс % извести, активностью 74% (от массы фосфогипса). Результаты испытаний на сжатие образцов-цилиндров, диаметром 7 см при твердении в течение 14 суток в нормальных условиях представлены на рис. 4.

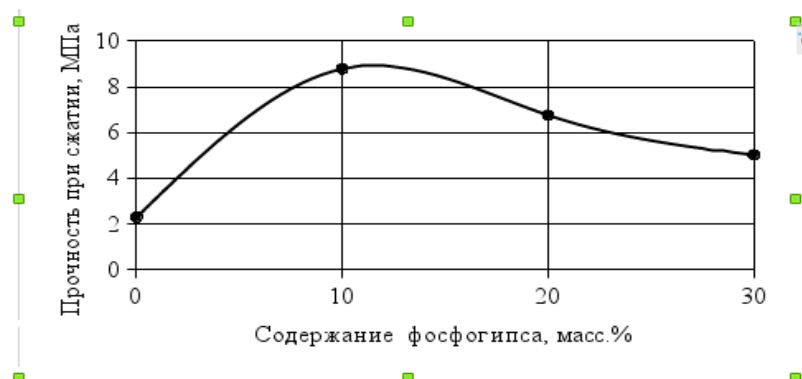


Рис. 4. Изменение прочности при сжатии образцов в зависимости от содержания фосфогипса.

Следует отметить, что введение фосфогипса в смесь способствует повышению прочности образцов, что вероятно связано с эффектом сульфатной активизации и образованием гидросульфоалюминатов кальция и низкоосновных гидросиликатов [4].

При незначительном давлении прессования возможно получение гранул достаточной прочности. Окускованный материал облегчает транспортировку и может быть использован в дорожном строительстве.

### Список литературы

1. Тарасова М. В., Прокопец В. С. Новые технологические решения устройства дорожной одежды из укрепленных грунтов // Проблемы строительного и дорожного комплексов : материалы II международной научно-технической конференции, Брянск, 11–13 ноября 2003 г. Брянск : Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2004. С. 108–110.
2. Эксплуатационные свойства грунтобетона, укрепленного комплексными добавками / А. П. Пичугин, В. А. Гришина, И. К. Языков, И. М. Хаджиев // Прогрессивные материалы и технологии в современном строительстве : международный сборник научных трудов. Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2008. С. 77–82.
3. Особенности сырьевой базы региона КМА / С. В. Карацупа, Н. Д. Воробьев, В. В. Строкова, С. Н. Глаголев, А. Ф. Щеглов // Вестник БГТУ им. Шухова. Спецвыпуск : Материалы международного конгресса «Современные технологии в промышленности

строительных материалов и стройиндустрии». Белгород : Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова, 2003. Ч. 1. С. 378–381.

4. Дворкин Л. И., Бордюженко О. М. Безобжиговые вяжущие материалы и изделия на основе техногенного сырья. Саарбрюккен : Palmarium Academic Publishing, 2018. 244 с.