Научная статья
Original article
УДК 631

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ СИНТЕЗА ЛЕГКОГО БЕТОНА

APPLICATION OF AGRICULTURAL INDUSTRY WASTE FOR THE SYNTHESIS OF LIGHTWEIGHT CONCRETE

Гавриленко Андрей Алексеевич, аспирант, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
Капуш Илья Романович, магистрант, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
Любин Петр Андреевич, аспирант, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

Gavrilenko Andrey Alekseevich, Graduate student, Vladimir State University named after A.G. and N.G.Stoletovs, Gavrilenkoandrew@yandex.ru
Kapush Ilya Romanovich, undergraduate, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Kapush.ilya@gmail.com
Lyubin Petr Andreevich, Graduate student, Vladimir State University named after A.G. and N.G.Stoletovs, Petr.lubin@yandex.ru

Аннотация: Актуальность работы заключается в необходимости разработки на основе сельскохозяйственных отходов (экологически полноценного, воспроизводимого местного сырья) эффективных материалов,

обладающих необходимым комплексом теплоизолирующих и конструкционных свойств.

В работе дана классификация основных отходов сельскохозяйственной промышленности. Изучены свойства шелухи риса, гречихи, костры технической конопли. Разработана оптимальная сетка составов и технология производства легких бетонов на основе отходов природного органического сырья. Изучены эксплуатационные характеристики легких композитов. Приведены примеры использования синтезировынных композитов в качестве конструкционно-теплоизоляционого материала в строительстве.

Abstract: The relevance of the work lies in the need to develop effective materials based on agricultural waste (environmentally valuable, reproducible local raw materials) that have the necessary set of heat-insulating and structural properties.

The paper gives a classification of the main wastes of the agricultural industry. The properties of rice husks, buckwheat, hemp husks have been studied. An optimal grid of compositions and a technology for the production of lightweight concretes based on wastes of natural organic raw materials have been developed. The performance characteristics of lightweight composites have been studied. Examples of the use of synthesized composites as a structural and heat-insulating material in construction are given.

Ключевые слова: отходы, сельскохозяйственная промышленность, синтез легкого бетона, технология производства.

Key words: waste, agricultural industry, lightweight concrete synthesis, production technology.

Введение. Основным направлением экономического и социального развития в условиях энергетического кризиса является развитие производства эффективных строительных материалов и экономия топливно-энергетических ресурсов за счет применения новых теплоизоляционных материалов.

Дополнительным источником сырья для производства энергосберегающих строительных материалов могут служить отходы

сельского хозяйства [1]. К ним относятся остатки растений таких как стебли злаковых культур, шелуха зерна и костра.

Целью работы является разработка технологии теплоизоляционных материалов строительного назначения на основе органического сырья и негорючих связующих.

В работе решались следующие задачи:

- изучение свойств органического заполнителя в виде отходов сельскохозяйственного производства;
- подбор оптимальных соотношений сырья с учетом особенности заполнителя;
- разработка технологии производства легкого бетона на основе вторсырья;
- определение эксплуатационных свойств, разработанных композиций;
- разработка рекомендаций по применению синтезированных композитов в строительстве.

Материалы и методы. Основное место в данном исследовании отведено шелухе риса, гречихи и костре технической конопли. По данным [2] в России в год сжигается порядка 600 тыс. т. растительных органических отходов, что негативно сказывается на экологии страны. Решить данную проблему можно путем внедрения отходов в производство строительных материалов [3-4].

Стебель риса — полый цилиндрический росток диаметром 3…7 мм, высотой от 50 до 200 см, а у глубоководных видов риса до 3…5 м. Стебель рисовой соломы неоднороден. В процессе роста стебля с наружной его стороны образуется жировосковой слой в виде плотной инкрустированной кремнием и не смачивающейся водой пленки. С внутренней стороны это образование отсутствует.

Вторым по объему среди растительных органических отходов является шелуха гречихи [5]. При переработке зерна гречихи в крупу до 40% ее массы

составляет шелуха. Шелуха гречихи имеет толщину 0,13-0,18мм, окрас ее темно-коричневый, и состоит она из толстостенных клеток.

Особое место среди рассматриваемых отходов занимает костра технической конопли - это отходы прядильной промышленности [6]. Размер частиц костры варьируется от 85 до 20 мм по длине, и от 0,1 до 1,5 мм по ширине . Насыпная плотность костры 100—150 кг/м3. Природная влажность стеблей костры конопли около 15— 23%.

В таблице 1 представлены химические составы отходов риса, гречихи и костры конопли.

Табл. 1 Химический состав отходы зерновых культур

Компонент,% масс	Наименование отходов		
	Шелуха риса	Шелуха гречихи	Костра технической конопли
Смолы, жиры	5,1	7,83	2
Лингин	31,2	30,87	25
Целлюлоза	11,3	18,8	49
Пентоза	33,7	21,6	26
Гемицеллюлоза	18,7	20,4	-

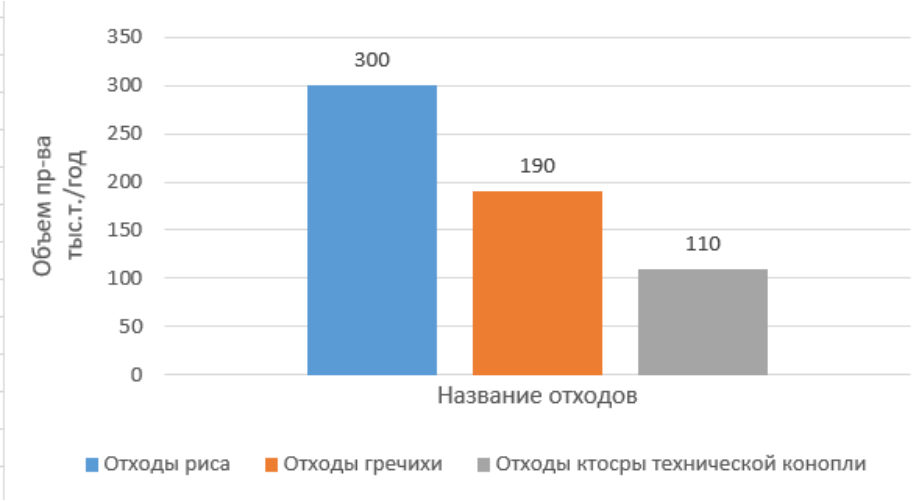

Рис.1. Объем образующихся отходов при переработке риса, гречихи и технической конопли

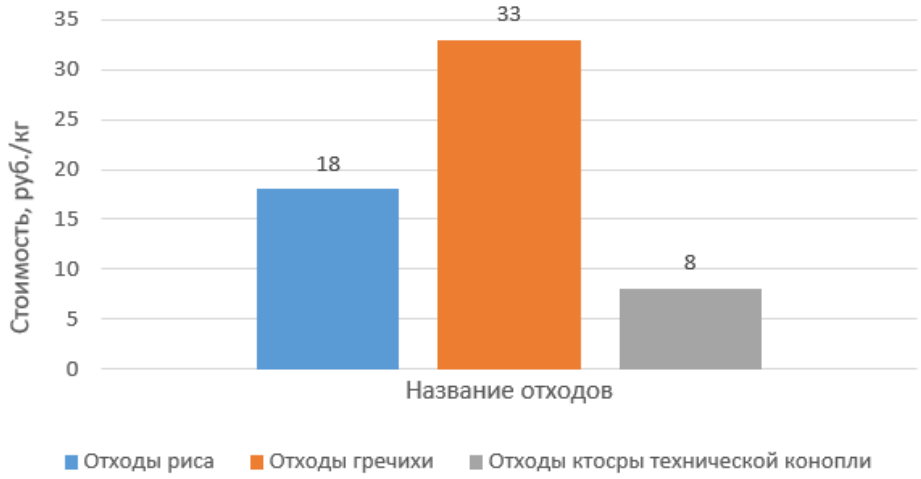

Рис.2. Стоимость отходов растительного сырья

Из рисунков видно, что по объему костра технической конопли занимает третье место по объему образующихся отходов, но стоимость ее значительно ниже шелухи риса и гречихи. Поэтому в дальнейшем исследовалась максимальная возможность утилизации именно этого вида сырья для строительной отрасли. На рисунке 3 представлена растровая электронная микроскопия отходов костры технической конопли.

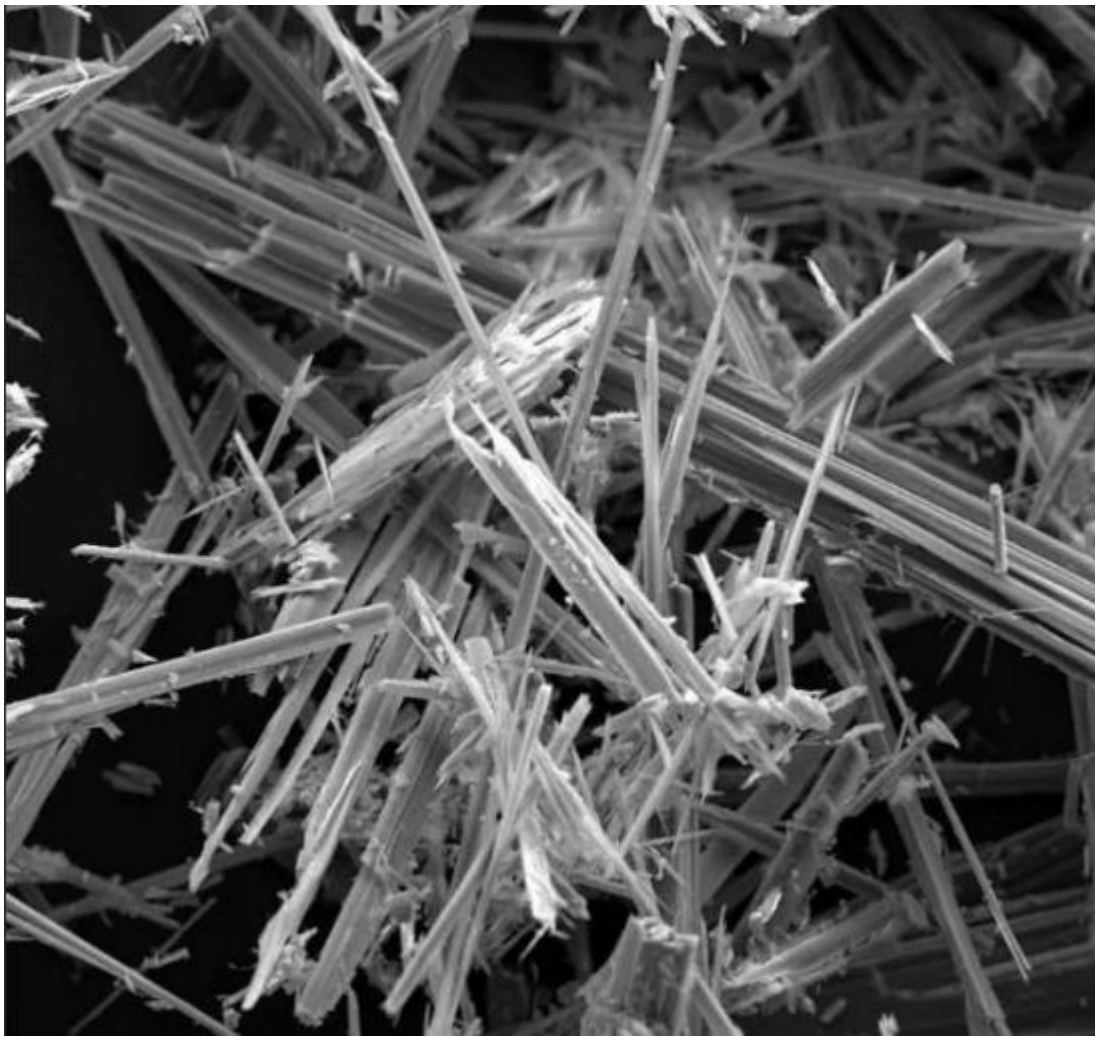

Рис. 3. Растровая электронная микроскопия отходов костры технической конопли.

Технология эксперимента

Перед синтезом бетона на основе вторсырья необходимо произвести выдерживание органического заполнителя в растворе солей магния, так как шелуха отличается повышенным водопоглощением [7], что может негативно сказаться на эксплуатационных параметрах конечного продукта. В таблице 2 представлены значения водопоглощения сырьевых компонентов.

Таблица 2. Значения водопоглощения органического сырья

Водопоглощение, % масс.	Наименование сырья		
	Шелуха риса	Шелуха гречихи	Костра тех. конопли
	200-220	170-270	400-500

Все три вида заполнителя выдерживались в бишофите в течении получаса, после чего смешивались с вяжущим, в роли которого выступал полуобоженный доломит, который отличается повышенной прочностью сцепления с органическими материалами. Объемная масса цемента в рыхлонасыпанном состоянии около 800-1250 кг/м3, а в уплотненном 1400-2000 кг/м3. Далее в смесь добавлялся кварцевый песок с фракцией 0,2-0,6 мм, после чего происходило перемешивание и затворение. В качестве затворителя был выбран бишофит так как данный материал хорошо связывается с магнезиальными вяжущими[8]. Количество компонентов в сырьевой смеси рассчитывалось в соответствии с ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие. Технические условия». Опираясь на данный документ, были синтезированы 6 композитов с использованием 3 разных органических заполнителей. Составы с маркировкой «1» - легкие бетоны, предназначенные для изготовления теплоизоляционных изделий, устройства теплоизоляции чердаков, кровель, полов, теплоизоляции стен в колодцевой кладке, для теплоизоляции строительных конструкций, оборудования и трубопроводов. Составы с маркировкой «2»- легкие бетоны конструкционно-теплоизоляционные - к ним предъявляются требования по механическим свойствам, долговечности и теплотехническим показателям. В таблице 3 представлены составы синтезированный композитов.

Таблица 3. Составы синтезированных композитов.

Компонент масс%	Марки составов					
	МР1	МР2	МГ1	МГ2	МК1	МК2
Вяжущее	20	40	20	40	20	40
Бишофит	30	30	30	30	30	30
Кварцевый песок	10	10	10	10	10	10
Шелуха риса	40	20	-	-	-	-
Шелуха гречихи	-	-	40	20	-	-
Костра тех. конопли	-	-	-	-	40	20

Для удаления воздушных пустот из сырьевой смеси, и уплотнения бетона образцы помещались на вибростол ВС-350 на две минуты, после чего смеси для твердения помещали в специальные сушильные камеры с температурой воздуха 20ºС , влажностью- 60%.

После выдержи бетона в формах проводились лабораторные испытания свойств полученных композитов. Важными показателями качества легкого бетона является прочность, теплопроводность, морозостойкость и плотность [9]. Прочность изучалась в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам» спустя 7 и 28 дней после снятия опалубки. Для исследования прочности применялся неразрушающий метод контроля, а именно метод ударного импульса с помощью прибора ИПС 1мг. Теплопроводность изучалась в соответствии с ГОСТ 7076-99 «Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» зондовым методом прибором МИТ-1. Морозостойкость бетона определялась в соответствии с ГОСТ 10060-2012 «Методы определения морозостойкости» базовым методом при многократном замораживании и оттаивании. Плотность определялась по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 12730.1-78 «Методы определения плотности». Полученные результаты изучения эксплуатационных характеристик синтезированных композитов приведены в таблице 4.

Таблица 4 Эксплуатационные характеристики композитов

Наименование свойств				
Марка состава	Плотность ρ, г/см^3	Прочность на сжатие R, МПа	Теплопроводность λ, Вт/мºС	Морозостойкость F, цикл
МР1	451	2,2	0,096	40
МР2	612	5	0,12	42
МГ1	399	2,4	0,09	41
МГ2	580	5,2	0,14	45
МК1	422	3,6	0,086	50
МК2	592	7,1	0,094	50

Для сравнения эксплуатационных свойств полученных композитов с известными аналогами в таблице 5 предствалены значения различных видов

легкого бетона в соответсвтии с ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие. Технические условия»

Таблица 5 Свойства легких бетонов в соответствии с ГОСТ 25820-2014

Вид бетона	Значение характеристик			
	Плотность ρ, г/см^3	Прочность на сжатие R, МПа	Теплопроводность λ, Вт/м°С	Морозостойкость F, цикл
Теплоизоляционный	≤ 500	≥ 0,3	0,05- 0,14	Не нормируется
Констр.-теплоиз.	≥ 500	≥ 1	0,14-0,3	≥ 25

Из таблиц 4 и 5 видно, что все синтезированные легкие бетона на органическом заполнителе удовлетворяют нормам и требованиям предъявляемым к материалам этого класса

Обсуждение результатов

Исследование физико-механических свойств бетона (табл. 4) показало, что применение органического заполнителя позволяет повысить технические характеристики бетона по сравнению с аналогичными составами на традиционных материалах (табл.5). Данный факт объясняется более плотной структурой сцепления вяжущего и наполнителя [10], а также фактом увлажнения сырья и меньшей пористостью вследствие меньшего количества воды в бетоне. Наилучшие физикомеханические характеристики показал состав на основе костры технической конопли. Данный вид заполнителя не только дешевле среди рассматриваемого сырья, но и имеет более высокие показатели прочности и морозостойкости, при сравнительно малой теплопроводности и плотности. Синтезированный легкий бетон может быть использован как в виде теплоизоляционных плит и панелей с низким коэффициентом теплопроводности, так и выполнять роль несущей конструкции в виде отдельных блоков или пазогребнеевых блоков с высокой прочностью и морозостойкостью.

Выводы: В работе исследованы основные технические (размер, водопоглащение, химический состав) и экономические (стоимость, объем производства) характеристики оранического заполнителя. Подобраны

оптимальные составы для синтеза легкого бетона и приведена технология его производства. Полученные результаты исследования эксплуатационных свойств подтвердили возможность использования вторсырья как органического заполнителя в легком бетоне. Таким образом, в результате исследования был предложен альтернативный вариант переработки вторсырья для создания легкого бетона с повышенными эксплуатационными характеристиками. Данный материал может применяться в строительстве вместо существующих аналогов в силу своей дешевизны и улучшенных прочностных и теплоизоляционных значений.

Литература

1. Sakir S. Utilization of by-products and wastes as supplementary cementitious materials in structural mortar for sustainable construction // Sustainability (Switzerland). 2020. Т. 12. № 9
2. Jannat N. Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review // Construction and Building Materials. 2020. Т. 254.
3. Srivastava A., Singh S. K. Utilization of alternative sand for preparation of sustainable mortar: A review // Journal of Cleaner Production. 2020. Т. 253.
4. Magar J. Application of Industrial and Agricultural Waste for Sustainable Construction // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 2020. № 7 (8).
5. Gavali H. R. Development of sustainable alkali-activated bricks using industrial wastes // Construction and Building Materials. 2019. Т. 215.
6. Jin Y. A government value compensation model of waste recycling in an industrial park: A game theory approach // Journal of Cleaner Production. 2020. (275).
7. Chen Y. X. Bio-based ultra-lightweight concrete applying miscanthus fibers: Acoustic absorption and thermal insulation // Cement and Concrete Composites. 2020. (114).

8. Elrahman M. A., Chung S. Y., Stephan D. Effect of different expanded aggregates on the properties of lightweight concrete // Magazine of Concrete Research. 2019. № 2 (71).
9. Bremner T. W. Lightweight concrete 2019.
10. Maletaškić J. Acid leaching of natural chrysotile asbestos to mesoporous silica fibers // Physics and Chemistry of Minerals. 2018. № 4 (45).

© Гавриленко А.А., Капуш И.Р., Любин П.А, 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.

Для цитирования: Гавриленко А.А., Капуш И.Р., Любин П.А. ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ СИНТЕЗА ЛЕГКОГО БЕТОНА// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.