

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.2>

**МЕТОД РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Научная статья

**Опара М.В.<sup>1,\*</sup>, Шабанов М.Л.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (filichkinam[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В данной статье предложен вариант производства экологичного строительного материала на основе цемента, лузги подсолнечника и химических добавок. Разработана методика определения компонентов смеси для получения материала в зависимости от их количественного процентного соотношения. Экспериментальным путем было выявлено, что количество цемента в смеси напрямую зависит от количества сернокислого алюминия, а от количества лузги подсолнечника зависит содержание жидкого стекла. Проанализировав эти взаимосвязи, было принято решение о том, что, варьируя те или иные компоненты смеси, можно получать строительный материал заданный по прочности и теплопроводности (для несущих конструкций или перегородок).

**Ключевые слова:** отходы, строительный материал, экология, цемент, химические добавки.

**METHOD OF RATIONAL UTILIZATION OF NATURAL RESOURCES IN THE PRODUCTION OF  
CONSTRUCTION MATERIALS**

Research article

**Opara M.V.<sup>1,\*</sup>, Shabanov M.L.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Voronezh Forestry Academy, Voronezh, Russian Federation

\* Corresponding author (filichkinam[at]yandex.ru)

**Abstract**

In this article, the variant of production of ecological building material based on cement, sunflower hulls and chemical additives is suggested. The methodology of determining the components of the mixture for obtaining the material depending on their quantitative percentage ratio has been developed. Experimentally, it was identified that the amount of cement in the mixture directly depends on the amount of aluminium sulphate, and the amount of sunflower husk depends on the content of liquid glass. Having analysed these interrelationships, it was decided that by varying these or those components of the mixture, it is possible to obtain a building material of a given strength and thermal conductivity (for load-bearing structures or partitions).

**Keywords:** waste, construction material, ecology, cement, chemical additives.

**Введение**

В последние годы вопросы переработки и утилизации отходов производства являются наиболее актуальными. Президент РФ в 2017 г. издал Указ о Развитии экологической безопасности России «...тенденцией развития безопасности в экологии выступает повышение количества производственных отходов, тогда как утилизация этих отходов сводится к минимуму. Для получения максимального эффекта и достижения целей нужно решить задачу, «... эффективного использования природных ресурсов, повышение уровня утилизации отходов производства и потребления». Решать эту задачу нужно по приоритетному направлению: развитие системы эффективного обращения с отходами производства и потребления, создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения таких отходов, а также активизация фундаментальных и прикладных научных исследований в области охраны окружающей среды и природопользования [1].

В настоящее время ежегодное производство семян подсолнечника в России насчитывает более 6 млн. т/г, и здесь возникает вопрос утилизации и переработки неиспользуемого сырья, такого как лузга подсолнечника, поскольку этот отход составляет порядка 21-30% от массы основного сырья [2], [3]. Масложировые предприятия, производящие подсолнечное масло, решают вопросы утилизации лузги подсолнечника. Поскольку при ее хранении и утилизации, возникают проблемы использования огромных производственных площадей, что противоречит нормам противопожарной безопасности, т.к. в летнее время отходы подсолнечника подвержены самовозгоранию. Одним из путей утилизации является вывоз, отходов на санкционированные свалки и закапывание его в отвалы. Но поскольку лузга подсолнечника имеет низкую насыпную плотность, то при транспортировке должно быть задействовано большое количество техники, что крайне невыгодно предприятию. Еще одним вариантом решения вопроса утилизации, является сжигание отхода, но если учесть контроль вредных выбросов в атмосферу, а мы знаем, что при сжигании выделяется большое количество CO<sub>2</sub>, то в данном случае этот вариант недопустим [4], [5], [6]. Поэтому в решении данной проблемы нужно искать пути не только как правильно утилизировать отходы производства, но и как добиться экономического эффекта используя данный вид отходов, как вторичное сырье в производстве различных видов продукции. Что касается вариантов применения лузги подсолнечника, то свое широкое применение она

получила в отрасли животноводства, при производстве кормов для скота [7], [8], [9]. В гидролизной промышленности ее применяют для получения топливных брикетов. В то же время во всем мире известно об использовании сельскохозяйственных отходов в производстве экологичных строительных материалов. Легкие бетоны получают на основе дробленых стеблей хлопчатника, рисовой шелухи, льняного семя и дробленой лузги подсолнечника. Связующим, в этих материалах выступает цемент с применением различных химических добавок.

### Методы и принципы исследования

Объектом исследования является легкий строительный материал на основе цемента, лузги подсолнечника и химических добавок. Полученный строительный материал нашел широкое применение как в производстве несущих стен, так и в производстве более легких конструкций – стеновых перегородках. Плотность этого материала составляет от 450 до 900 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность варьируется от 0,07 до 0,18 Вт/м [10]. По своей структуре этот материал является крупнопористым, поэтому на обогрев помещений требуется низкое энергопотребление. Поскольку материал изготовлен на основе природного компонента, лузги подсолнечника, он имеет легкую структуру и является экологичным строительным материалом.

Что касается состава этого материала, то здесь мы проанализировали исследования ученых и решили, что применение химических добавок находится в тесной связи с компонентами смеси. Для ускорения отвердевания цемента мы использовали химическую добавку в виде сернокислого алюминия, и применяли ее в соотношении 0,9-1,3% к массе цемента. Для устранения нейтрализующих выделений из лузги подсолнечника применяли жидкое стекло 7,9-12,1% [10].

Изготавливая смесь, мы можем заранее подсчитать суммарное количественное соотношение ее компонентов [11]

$W_{см}$ :

$$W_{см} = W_{ц} + W_{са} + W_{лuz} + W_{жсс} \quad (1)$$

где  $W_{ц}$  – количество цемента;

$W_{са}$  – количество сернокислого алюминия;

$W_{лuz}$  – количество лузги подсолнечника;

$W_{жсс}$  – количество жидкого стекла.

$W_{са}$  можно представить в виде  $W_{са} = p_1 W_{ц}$  (где  $p_1$  – коэффициент, количества сернокислого алюминия и количества цемента), а значение  $W_{лuz} = p_2 W_{лuz}$  (где  $p_2$  – коэффициент, количества жидкого стекла и количества лузги подсолнечника).

В зависимости от вида и назначения строительного материала, (теплоизоляционный или конструкционный) принимается количество цемента  $W_{ц} = p_3 W_{см}$ , где  $p_3$  – коэффициент количества цемента (19%, и выше).

Количество лузги подсолнечника находится в прямой зависимости с количеством цемента, получается  $W_{лuz} = p_3 W_{см}$ ,

$$W_{жсс} = p_4 W_{лuz},$$

$p_4$  – количество жидкого стекла и количество лузги подсолнечника.

Получаем такое выражение:

$$W_{см} = p_2 W_{см} + p_1 p_2 W_{см} + p_3 W_{см} + p_3 p_4 W_{см}$$

$$1 = p_2 + p_1 p_2 + p_3 + p_3 p_4 \quad (2)$$

Количество смеси равно «1», а коэффициенты  $p_1, p_2, p_3$  принимаем:  $p_1 = 0,01-0,012$ ;  $p_2 = 0,2-0,8$ ;  $p_4 = 0,8-1,2$ . В итоге получаем  $p_3$

$$p_3 = 1 - p_2(1 + p_1)/1 + p_4 \quad (3)$$

Таким образом можно посчитать любое количество компонентов смеси, в зависимости от того, какой вид материала нам нужно получить. Для несущих конструкций или перегородок. Варьирую количественное содержание компонентов смеси можно получать материал с заданными свойствами.

На основе разработанной методики подбора смеси были изготовлены лабораторные образцы, в виде куба с размером ребра 100 мм. Наполнитель древесные отходы, высушивались до влажности 25 %. В емкость, в которой производился замес укладывалось необходимое количество заполнителя.  $AL_2(SO_4)_3$  (сульфат алюминия или сернокислый алюминий) разводился в воде до момента полного растворения. Далее в емкость с заполнителем заливалась вода с растворенным  $AL_2(SO_4)_3$ . Заполнитель вымачивался сутки перед тем как к нему добавлялся цемент. Все перемешивалось до однородной консистенции. Жидкое стекло перемешивалось с водой, в необходимом количестве для получения раствора. Раствор должен представлять собой однородную массу. Опалубка заполнялась раствором на 1/3, трамбовалась стальной болванкой d 30 с высоты 100 мм. После этого укладывался слой хвои. Затем укладывался еще один слой раствора такой же по толщине и тоже трамбовался. Раствор укладывается и трамбуется до того момента пока высота утрамбованной смеси не будет равной высоте стенки опалубки или выше. Распалубка образцов производилась через сутки. Образцы укладывались на прокладки на 28 дней.

### Основные результаты

В результате данного исследования была разработана методика подбора компонентов смеси, которая позволяет устанавливать количество компонентов задавая процентное соотношение по массе цемента, сернокислого алюминия, жидкого стекла и лузги подсолнечника. Получены лабораторные образцы легкого органического бетона. Данная методика позволит получать экологичные строительные материалы различного назначения, и их дальнейшего применения в качестве несущих конструкций или перегородок. В итоге при разработке оптимального состава сырьевой смеси для легкого строительного бетона было установлено, что количество химических добавок в виде сернокислого алюминия имеет прямую зависимость с количеством цемента, а количество жидкого стекла напрямую зависит от количества лузги подсолнечника. Варьируя эти показатели можно получать легкий бетон с заданными параметрами, нужной прочности и теплопроводности.

**Заключение**

Вопросы в области переработки и утилизации отходов сельскохозяйственного производства позволили сделать вывод о том, что наиболее рациональным является использование отходов масложирового производства. Лузга подсолнечника – кладёшь полезных компонентов, поэтому она нашла свое применение во многих сферах. Ее применение в качестве наполнителя для производства экологичного строительного материала достаточно новое и перспективное направление, которое позволяет решать вопросы сохранения окружающей среды и эффективно использовать природные ресурсы.

**Благодарности**

Авторы выражают благодарность Воронежскому государственному лесотехническому университету имени Г.Ф. Морозова.

**Acknowledgement**

Authors express their gratitude to Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Рецензия**

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.2.1>

**Review**

International Research Journal Reviewers Community  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.2.1>

**Список литературы / References**

1. Российская Федерация. Указ Президента РФ "О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации" : Закон субъектов Федерации No 642: [2016-12-01 :2023-10-15]. 2016.
2. Лазько А.Д. Научные чтения памяти доцента кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Александра Дмитриевича Лазько / А.Д. Лазько // Сборник тезисов докладов международной конференции; под ред. Н.М. Зайченко, В.И. Нездойминов, В.Ф. Муцанов — Makeevka: DONNASA, 2019. — с. 35-37.
3. Филичкина М.В. Отходы древесно-подготовительного цикла производства газетной бумаги, как сырье для изготовления древесно-композиционных материалов / М.В. Филичкина, В.С. Копарев, С.Б. Васильев // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии; — Петрозаводск: Петропресс, 2015. — с. 66-81.
4. Ковехова А.В. Полуфункциональные материалы из плодовых оболочек подсолнечника / А.В. Ковехова, Л.А. Земнухова, В.Г. Рыбин // XI Международная научно-техническая конференция "Современные проблемы экологии"; — Тула: Инновационные технологии, 2014. — с. 48-49.
5. Stael G.C. Carbon-13 High Resolution Solid State NMR Study of Natural Fibres Obtained from Sugar Cane without Treatment and Their Composites with EVA / G.C. Stael // J. Polymer Testing. — 1998. — 3. — p. 147-152.
6. Tretyakova L. A. Formation of Mechanisms for Creating Innovative National Polygons / L. A. Tretyakova, N.A. Azarova, M.V. Opara et al. — Moscow: The Russian Presidential Academy Of National Economy And Public Administration, 2021. — p. 012066.
7. Земнухова Л.А. Неограниченные компоненты из отходов подсолнечника / Л.А. Земнухова, А.В. Ковехова, Г.А. Федорищева [и др.] // IV Международный симпозиум "Химия и химическое образование"; — Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 2007. — с. 176-178.
8. Ковехова А.В. К вопросу о комплексной переработки подсолнечной шелухи / А.В. Ковехова // Всероссийская научно-техническая конференция "Современные проблемы экологии"; — Тула: ТулГУ, 2006. — с. 100-101.
9. Poskrobko S. Thermogravimetric Research of Dry Decomposition / S. Poskrobko, D. Krol // J. Therm. Anal. Calorim. — 2012. — № 2. — p. 629-638.
10. Пошарников Ф.В. Анализ структуры смеси для опилкобетона на основании многофакторного планирования эксперимента / Ф.В. Пошарников, М.В. Филичкина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. — 2010. — №1 (70). — с. 111-115.
11. ГОСТ19222-84 Арболит и изделия из него. Общие технические условия — Введ. 1985-01-01. — М.: Издательство стандартов, 2002.— 12 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Russian Federation. Ukaz Prezidenta RF "O strategii nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii" [Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation"]: Law of the Subjects of the Federation No 642: [2016-12-01 :2023-10-15]. 2016. [in Russian]
2. Laz'ko A.D. Nauchnye chteniya pamjati dotsenta kafedry tehnologij stroitel'nyh konstruksij, izdelij i materialov Aleksandra Dmitrievicha Laz'ko [Scientific readings in memory of Associate Professor of the Department of Technologies of Building Structures, Products and Materials Alexander Dmitrievich Lazko] / A.D. Laz'ko // Collection of Abstracts of the International Conference; edited by N.M. Zajchenko, V.I. Nezdojminov, V.F. Muschanov — Makeevka: DONNASA, 2019. — p. 35-37. [in Russian]
3. Filichkina M.V. Othody drevesno-podgotovitelnogo tsikla proizvodstva gazetnoj bumagi, kak syr'e dlja izgotovlenija drevesno-kompozitsionnyh materialov [Waste from the Wood Preparatory Cycle of Newsprint Production as a Raw Material

for the Production of Wood-composite Materials] / M.V. Filichkina, V.S. Koparev, S.B. Vasil'ev // *Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii* [Wooden Low-rise Building Construction: Economics, Architecture and Resource-saving Technologies]; — Petrozavodsk: Petropress, 2015. — p. 66-81. [in Russian]

4. Kovehova A.V. Polufunktsional'nye materialy iz plodovyh obolochek podsolnechnika [Semi-functional Materials from Sunflower Fruit Shells] / A.V. Kovehova, L.A. Zemnuhova, V.G. Rybin // XI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya "Sovremennye problemy ekologii" [XI International scientific and Technical Conference "Modern Problems of Ecology"]; — Tula: Innovative Technologies, 2014. — p. 48-49. [in Russian]

5. Stael G.C. Carbon-13 High Resolution Solid State NMR Study of Natural Fibres Obtained from Sugar Cane without Treatment and Their Composites with EVA / G.C. Stael // *J. Polymer Testing*. — 1998. — 3. — p. 147-152.

6. Tretyakova L. A. Formation of Mechanisms for Creating Innovative National Polygons / L. A. Tretyakova, N.A. Azarova, M.V. Opara et al. — Moscow: The Russian Presidential Academy Of National Economy And Public Administration, 2021. — p. 012066.

7. Zemnuhova L.A. Neorganicheskie komponenty iz othodov podsolnechnika [Non-organic Components from Sunflower Waste] / L.A. Zemnuhova, A.V. Kovehova, G.A. Fedorisheva [et al.] // IV Mezhdunarodnyj simpozium "Himiya i himicheskoe obrazovanie" [IV International Symposium "Chemistry and Chemical Education"]; — Vladivostok: Publishing House of Far Eastern University, 2007. — p. 176-178. [in Russian]

8. Kovehova A.V. K voprosu o kompleksnoj pererabotki podsolnechnoj sheluhi [On the Issue of Complex Processing of Sunflower Husks] / A.V. Kovehova // All-Russian Scientific and Technical Conference "Modern Problems of Ecology"; — Tula: TulGU, 2006. — p. 100-101. [in Russian]

9. Poskrobko S. Thermogravimetric Research of Dry Decomposition / S. Poskrobko, D. Krol // *J. Therm. Anal. Calorim.* — 2012. — № 2. — p. 629-638.

10. Posharnikov F.V. Analiz struktury smesi dlja opilkobetona na osnovanii mnogofaktornogo planirovaniya eksperimenta [Analysis of the Structure of a Mixture for Sawdust Concrete Based on Multifactorial Planning of the Experiment] / F.V. Posharnikov, M.V. Filichkina // *Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forest Bulletin.* — 2010. — №1 (70). — p. 111-115. [in Russian]

11. GOST19222-84 Arbolit i izdelija iz nego. Obschie tehnicheckie uslovija [GOST19222-84 Arbolite and products from it. General technical conditions] — Introduced 1985-01-01. — M.: Izdatel'stvo standartov, 2002.— 12 p. [in Russian]