

УДК 675.925

## ФИТОКОЖА: ПЕРЕРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНЫХ И ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В ИННОВАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Досмухамбетова Дильназ Курмангазиевна, Ургарчев Дмитрий Анатольевич  
[dosmukhambetovadilnaz@gmail.com](mailto:dosmukhambetovadilnaz@gmail.com) , [urgarchev2004@gmail.com](mailto:urgarchev2004@gmail.com)

Студенты 2 и 3 курсов образовательной программы “Прикладная Экология”  
Атырауский университет им.Х.Досмухамедова, г.Атырау, Республика Казахстан  
Научный руководитель, к.т.н., профессор - Есенаманова М.С.

**Аннотация.** В статье рассказывается о разработке фитокожи, нового экологически чистого материала, получаемого из пищевых и растительных отходов, таких как камыш, апельсиновая и банановая кожура. Использование таких ресурсов может значительно снизить загрязнение окружающей среды и выбросы парниковых газов в Казахстане, где уровень переработки отходов по-прежнему низок. В рамках исследования были проведены испытания на механическую прочность и способность к биологическому разложению, чтобы оценить потенциальное применение фитокожи в различных отраслях промышленности. После 14 дней пребывания в почве материал на основе апельсиновой корки разлагается на 68,5%, в то время как банановая кожура разлагается на 53,6%, согласно тестам на биоразлагаемость. В водной среде pH раствора изменился с 7,2 до 6,1, что подтверждает активное разложение. Согласно механическим испытаниям, банановая кожура обладает самой высокой эластичностью при относительном удлинении 85,6%, а тростник обладает максимальной прочностью при разрывном усилии 0,503 kN. Эти данные подчеркивают потенциал фитокожи как устойчивого и прочного материала для использования в производстве экологичных товаров.

Ключевые слова: фитокожа, камыш, апельсиновая и банановая кожура, биоразлагаемость, механическая прочность, экодизайн, переработка отходов.

### Ключевые слова:

**Введение.** Одной из самых больших экологических проблем Казахстана является проблема переработки пищевых отходов и отходов кожевенной промышленности. Только 24% из 4,1 миллиона тонн коммунальных отходов, произведенных по всей стране в 2023 году, были переработаны; остальная часть была выброшена на свалки, загрязняя землю, воздух и воду. Кроме того, сжигание камыша повышает риск наводнений и выбросов CO<sub>2</sub> в Атырауской области [1].

Кроме того, для производства одного килограмма кожи используется до 17 000 литров воды, а выбросы формальдегида и хрома загрязняют окружающую среду. Синтетические заменители кожи разлагаются сотни лет и оставляют значительный углеродный след [2].

Линейная модель "бери-используй-выбрасывай", лежащая в основе экономики Казахстана, приводит к накоплению отходов и нерациональному использованию ресурсов. Органические отходы, которые составляют значительную часть мусора, практически не используются, и менее 20% из 5 миллионов тонн твердых бытовых отходов перерабатываются [1]. Эти факторы способствуют выбросам метана, которые усугубляют изменение климата.

Используя растительное сырье, такое как кожура фруктов, тростник, стебли злаков и отходы производства сахара, можно получать экологически чистые биоматериалы с превосходной прочностью и стабильностью [2]. Например, отходы цитрусовых могут повысить гидрофобные свойства материалов, а банановая кожура является перспективным сырьем для получения биополимеров благодаря высокому содержанию

полисахаридов и антиоксидантов [3]. Распространенный в Атырауской области тростник является ценным компонентом биоразлагаемых композитов благодаря своей прочной волокнистой структуре.

Таким образом, переработка пищевых и растительных отходов может не только уменьшить количество отходов, но и послужить основой для устойчивого производства в Казахстане, что уменьшит его негативное воздействие на окружающую среду.

#### *Обоснование названия “Фитокожа”*

Греческий корень “фито”, который означает “растение”, является источником термина “фитокожа” [4]. Это название подчеркивает растительное происхождение материала, который был разработан с использованием пищевых и растительных отходов [5]. Поскольку “Фитокожа” полностью изготовлен из органических соединений, а не из нефтехимических, как традиционные изделия из кожзаменителя, он безопасен для окружающей среды.

Наш проект является первым в Казахстане по разработке “фитокожи”, экологически чистой альтернативы традиционным материалам. Будучи студентами Атырауского университета имени Халела Досмухамедова, мы разработали метод получения материала из камыша и пищевых отходов, чтобы одновременно решить множество экологических проблем: переработать пищевые отходы, предотвратить сжигание камыша и загрязнение пластиком. Разработка нашего инновационного материала уже получила признание и поддержку со стороны Национальной палаты предпринимателей Республики Казахстан “Атамекен”, а также освещались в региональных СМИ - AtyrauPress, и inAtyrau.kz [6], [7]. До нашего проекта в Казахстане и во всем мире не использовался термин и понятие “фитокожа”, несмотря на достижения в этой области, достигнутые в мировом масштабе. У нас есть первые в стране исследования и оборудования для разработки нашего материала. Таким образом, термин “фитокожа” не только подчеркивает растительное происхождение материала, но и гарантирует его статус отличительного национального экологического продукта для нашего продвижения.

### **Материалы и методы исследования**

#### *Экспериментальные материалы*

Для нашего исследования в качестве основных ингредиентов фитокожи были выбраны кожура фруктов и камыш, а в качестве биополимерного связующего был добавлен биополимерный пластификатор глицерин, который придает материалу гибкость, эластичность, и способность к биологическому разложению.

#### *Кожура фруктов*

Кожура фруктов используется в качестве сырья, поскольку она содержит много биополимеров, таких как целлюлоза, пектин и лигнин, которые являются гидрофильными и могут быть использованы для создания стабильных структур биоматериалов. Кожура цитрусовых содержит до 30% пектина, который повышает эластичность и механическую прочность материала. Как показано в таблице 1 можно видеть, что банановая кожура богата лигнином и крахмалом, что повышает устойчивость фитокожи к влаге [8].

Таблица 1 - Примерный состав банановой и апельсиновой кожуры [9].

Компонент	Кожура банана (г/100 г сухого вещества)	Кожура апельсин (% о массы)
Белок	8.6 ± 0.1	16.51 ± 0.40
Жир	13.1± 0.2	2.78 ± 0.01

Крахмал	12.78 ± 0.9	-
Зола	15.25 ± 0.1	5.51 ± 0.02
Пищевые волокна	50.25 ± 0.2	12.47 ± 0.54
Влажность	-	10.30 ± 0.01

### Камыш

Тростник (*Phragmites*), распространенный многолетний вид с крепкими корневищами, высокий (иногда до 4 м), пустыми стеблями толщиной до 2 см и обилием междоузлий, относится к роду злаков [10]. Тростник обыкновенный, также известный как южный камыш (*Phragmites australis*), является ценным и экологически устойчивым сырьем для производства биоматериалов, поскольку чаще всего встречается в Казахстане [11]. В разговорной речи камыш и тростник могут употребляться как синонимы, биологически правильное название для растения, встречающегося в дельте реки Урал, в прибрежных зонах Каспийского моря, распространенный в Атырауской области, - камыш обыкновенный (*Phragmites australis*). До 40% целлюлозы и примерно 20% лигнина составляют его клеточную структуру, которая помогает создать стабильное и долговечное вещество [12]. Камыш является перспективным наполнителем для биополимерных композитов из-за высокого содержания гемицеллюлозы (примерно 25%), которая улучшает адгезионные свойства. Волокна камыша придают фитокоже высокую воздухопроницаемость, низкую плотность и устойчивость к деформации благодаря хорошо развитой пористой структуре. Кроме того, исследования показали, что экстракты камыша обладают антимикробными свойствами, которые могут повысить долговечность материала [13].

#### Технологический процесс

- Сушка сырья – кожура фруктов высушивается при комнатной температуре, камыш уже готов к переработке.
- Измельчение – отходы дробятся в порошок с помощью промышленной дробилки.
- Подготовка смеси – порошок смешивают с глицерином, пластификатором и водой, нагревая до 50–60°C для активации биополимеров.
- Формирование – масса разливается в силиконовые формы.
- Отверждение – высыхание происходит естественным путем (12–24 часа).

Способность фитокожи к биологическому разложению оценивалась с использованием методов экологического мониторинга, таких как регулирование разложения в почве и водной среде, анализ микробиологической активности и изучение изменений кислотно-щелочного баланса. Дополнительно было проведено испытание на разрыв и растяжение, которая позволила оценить прочность трех образцов материалов. В течение двухнедельного эксперимента проводились периодические измерения pH и визуальное наблюдение за структурными изменениями в образцах.

*Тест на механическую прочность.* Были проведены механические испытания на разрывные характеристики фитокожи, включая три типа образцов: на основе банановой кожуры, апельсиновой кожуры и камыша. Для этих тестов использовалась универсальная испытательная машина Universal Testing Machine LY-1066A, предназначенная для оценки прочностных свойств материалов. Испытание на разрыв и растяжение (tensile test) позволило определить такие параметры, как предел прочности при растяжении (максимальная нагрузка перед разрывом), удлинение при разрыве (насколько материал может растянуться перед разрушением), модуль упругости (жесткость материала), эластичность и пластичность.



Рисунок 4 - Установка Universal Testing Machine LY-1066A

Используемая установка LY-1066A обеспечивает высокую точность измерения (погрешность менее 0,5%) и позволяет тестировать материалы с диапазоном нагрузки до 2000 кН. Испытания проводились при различных скоростях растяжения (от 0,1 до 500 мм/мин) для оценки поведения фитокожи под нагрузкой. Полученные данные являются ключевыми показателями для определения механической устойчивости материала и его потенциального применения в различных сферах.

*Тест на биоразлагаемость в почвенной среде.* Путем отслеживания распада материала была оценена биоразлагаемость фитокожи в почве. В ходе эксперимента изучалась роль сапротрофных организмов (калифорнийских червей) в разложении материала, а также активность почвенной микрофлоры, такой как бактерии и грибы. Для визуального осмотра использовали стереомикроскоп, чтобы определить микробиологический рост и степень разрушения структуры образца.

*Тест на биоразлагаемость в водной среде.* Образцы фитокожи погружали в дистиллированную воду для исследования способности к биологическому разложению в воде. Чтобы регулировать выделение кислотных или щелочных соединений, которые сопровождают процесс разложения, измеряли pH раствора с помощью индикаторной бумаги (диапазон pH: 0-12). Также было проведено визуальное наблюдение за развитием бактериальных и плесневых пленок на поверхности образцов. Использование стереомикроскопа для регистрации скорости роста микроорганизмов позволило оценить скорость разложения материала в водной среде.

#### **Результаты исследований**

*Тест на биоразлагаемость в почвенной среде.* Способность фитокожи к биологическому разложению в почве была исследована путем измерения потери массы образца в течение 14 дней. Исходная масса каждого образца составляла 5,5 г. За первые три дня разложения образец апельсиновой корки потерял 1,39 г (25,3%), образец банановой кожуры - 0,98 г (17,8%), а объединенный образец потерял 0,98 г (17,8%). Образец апельсина потерял 2,08 г (37,8%), образец банана - 2,0 г (36,3%), а комбинированный образец потерял 2,2 г (40%), что указывает на ускорение процесса к 6 дню. С девятого по двенадцатый день было отмечено наиболее активное разложение. На 9-й день образец банана потерял 2,45 г (44,5%), образец апельсина - 2,65 г (48,2%), а общий образец потерял 2,8 г (50,9%). К 14-му дню банановая кожура разложилась на 53,6% (2,55 г), образец апельсиновой кожуры - на 68,5% (1,73 г), а комбинированный образец - на 59,6% (2,22 г). В таблице 2 и рисунок 6, ниже, продемонстрировано насколько образцы подверглись разложению в почвенной среде в течение двух недель и динамику их целостной биоразлагаемости.

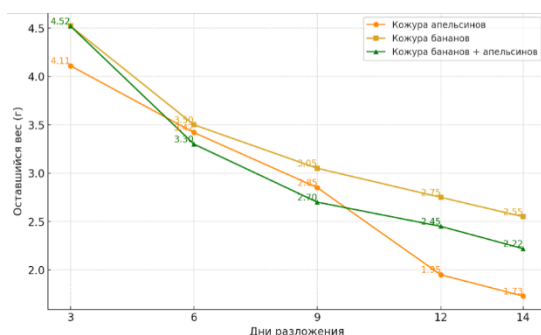


Рисунок 6 - Анализ биологического разложения в почвенной среде в течение 14 дней.

Таким образом, материал на основе апельсиновой корки показал самую высокую степень разложения, что связано с высоким содержанием органических кислот, ускоряющих процесс биодegradации [3]. Кроме того, эксперимент показал, что присутствие калифорнийских червей повышает микробиологическую активность почвы, ускоряя разложение образцов. Эти данные подтверждают высокую способность фитокожи к биологическому разложению и экологическую безопасность.

Таблица 2 - Результаты биоразлагаемости фитокожи в почве

Материал полученный из	Начальный вес образца (г)	Наблюдение спустя 3 дня	6 дней	9 дней	12 дней	14 дней
Кожура апельсинов	5.5 г	4.11	3.42	2.85	1.95	1.73
Кожура бананов	5.5 г	4.52	3.50	3.05	2.75	2.55
Кожура бананов+ апельсинов	5.5 г	4.52	3.30	2.70	2.45	2.22

#### Тест на изменение pH в водной среде. Микробиологическая активность и кислотность

В ходе эксперимента pH воды снизился с 7,2 до 6,0- 6,1 что указывает на активное расщепление фитокожи. В течение первой недели появились распространенные бактерии *Pseudomonas* sp. и *Bacillus* sp., которые вызывают гидролиз органических веществ [13]. Выделенная из фруктовых отходов аскорбиновая кислота (витамин С), вероятно, служила антиоксидантом на ранних стадиях разложения, но в конечном итоге она подверглась дополнительному микробиологическому разрушению. Активность микрофлоры достигла пика к третьей неделе, что способствовало стабилизации pH. В таблице 3 и рисунок 6, подробнее описаны данные об изменениях pH водной среды за 2 недели.

Таблица 3 - Результаты изменения pH водной среды при разложении фитокожи

Период (дни)	Изменение pH водной среды
1	7.2
3	7.0

6	6.8
9	6.5
12	6.3
14	6.1

### *Тест на механическую прочность*

Для проверки механической прочности фитокожи был использован метод растяжения до разрыва. Максимальное разрывное усилие (кН), максимальное относительное удлинение (м), растягивающее усилие (МПа), относительное удлинение при максимальной нагрузке (%) и площадь образца (мм<sup>2</sup>) были параметрами, использованными для анализа образцов, взятых из камыша, банановой и апельсиновой кожуры. Были протестированы и выявлены разрывные характеристики 3 видов материала: из камыша, апельсиновой и банановой кожуры. На рисунке 7, образно можно посмотреть, как проходил процесс тестирования на прочность и растяжимость образцов.

Согласно результатам испытаний, материал из камыша является самым прочным из исследованных образцов. Его максимальное усилие на растяжение составило 0,01258 МПа, максимальное удлинение - 0,033 м, а максимальное усилие на разрыв - 0,503 кН. При разрыве относительное удлинение составило 33,3%. Рисунок 8 демонстрирует анализ растяжимости образца с камышом.

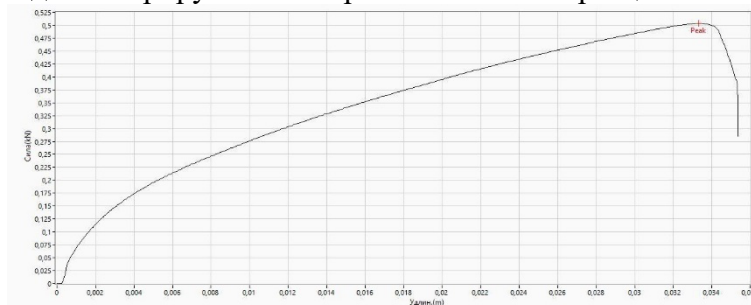


Рисунок 9 - Разрывные характеристики материала: камыш

В отличие от камыша, образец апельсиновой кожуры обладал более высокой эластичностью, но меньшей прочностью. Максимальное растягивающее усилие составило 0,00711 МПа, максимальное относительное удлинение - 0,054 м, а максимальное разрывное усилие - 0,284 кН. Относительное удлинение в 54,5% свидетельствует о том, что материал достаточно эластичный. На рисунке 9, виден анализ характеристик материала из апельсиновой кожуры.

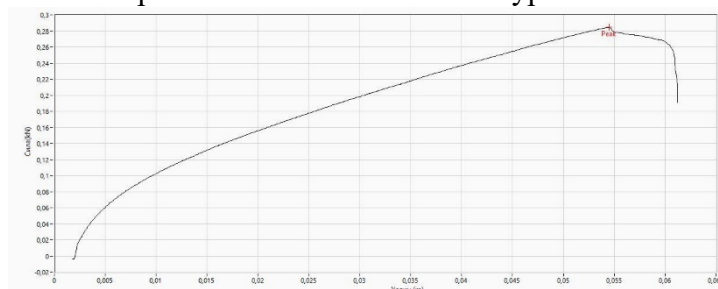


Рисунок 10 - Разрывные характеристики материала: апельсиновая кожура

Самым слабым образцом оказался образец, изготовленный из банановой кожуры. Его растягивающее усилие составляло 0,00532 МПа, максимальное

разрывное усилие - 0,213 кН, а относительное удлинение - 0,085 м. Высокая пластичность и растяжимость материала подтверждается его относительным удлинением на 85,6% при максимальной нагрузке. Рисунок 10 показывает самую высокую растяжимость, среди всех трех образцов, прототип из банановой кожуры оказывается самым эластичным.

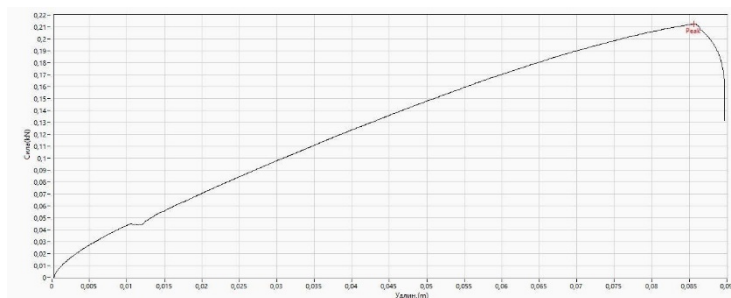


Рисунок 11 - Разрывные характеристики материала: банановая кожура

В таблице 4, подробно представлены результаты механических испытаний фитокожи, изготовленной из различных органических материалов. Таким образом, камыш обеспечивает наибольшую прочность фитокожи, в то время как банановая кожура делает материал более эластичным, а апельсиновая кожура сочетает умеренную прочность и гибкость.

Таблица 4 - Механические характеристики фитокожи из разных видов сырья (камыш, апельсиновая кожура, банановая кожура)

Материал	No.	Макс. Сила (кН)	Макс. Удлинение (m)	Растягиваю щее усилие (МПа)	Удлинение % макс. (%)	Площадь (mm <sup>2</sup> )
Камыш	32_3	0,503	0,03333	0,01258	33,3	40000,00000
Апельсин	32_4	0,284	0,05449	0,00711	54,5	40000,00000
Банан	32_5	0,213	0,08557	0,00532	85,6	40000,00000

### *Возможные сферы применения*

В рамках студенческого проекта мы сосредоточились на изготовлении картхолдеров из фитокожи, так как студенты ежегодно используют карточки для проезда в общественном транспорте, входа в университет и других нужд. Удобство - это один из факторов, повлиявших на это решение, но также и желание использовать экологически чистые материалы в повседневной жизни. Мы считаем, что в будущем у нас есть возможности для расширения ассортимента продукции. Фитокожа может быть использована для создания различных аксессуаров, включая кошельки, сумки, пеналы, футляры для очков, обложки для блокнотов и документов. Прочность и гибкость материала делают его пригодным для использования в экодизайне, например, в обивке мебели и декоративных элементах интерьера. Перспективным материалом, сочетающим в себе экологичность и эстетическую привлекательность, является фитокожа. Его использование может способствовать развитию экологически чистого дизайна и внедрению экологически чистых методов производства.

### **Заключение**

Жить в гармонии с природой - это не привилегия и не дорогостоящее удовольствие, а осознанный выбор, который доступен каждому. Мы, как будущие экологи Казахстана, искренне верим, что путь к устойчивому развитию лежит через осознанное и бережное отношение к природе. Только внедряя экологически ответственные решения в повседневную жизнь, мы можем создать гармоничное будущее, в котором инновации и забота об окружающей среде идут рука об руку. Наш проект по созданию фитокожи - это не просто научный эксперимент, а реальный вклад в будущее.

Исследование показало, что фитокожа обладает рядом преимуществ, в том числе способностью к биологическому разложению, изготавливается из пищевых и растительных отходов и не требует использования вредных химических веществ для производства. Поскольку студенты ежегодно используют карты для доступа в университет, проезда на транспорте и других целей, мы сосредоточились на создании держателей карт в рамках студенческого проекта. Однако мы видим возможность роста в будущем, включая использование материалов в эко дизайне, а также производство пеналов, сумок и других аксессуаров.

Дополнительный импульс для развития проекта дало финансирование в размере 1 400 000 тенге 14 марта 2025 года от нашего университета - "Атырауского университета имени Халела Досмухамедова". Благодаря этим средствам мы планируем усовершенствовать технологию, увеличить объем производства и устанавливать сотрудничество с кафе и ресторанами для сбора пищевых отходов. Более того, мы планируем проводить субботники на набережной реки Урал, привлекая студентов и волонтеров к сбору камыша, тем самым только усиливая экологическую осознанность к защите нашей окружающей среде от сжигания ценного растительного материала как камыш.

Мы искренне верим, что даже небольшие шаги могут привести к большим изменениям. Наш проект - это не просто исследование, а стремление внести реальный вклад в сохранение природы. Ведь забота о природе - это не обязанность, а выбор, который формирует будущее.

## Список использованной литературы

1. Министерство экологии и природных ресурсов РК. (2024). В Казахстане перерабатывается лишь 24% отходов. Доступно по ссылке: <https://www.zakon.kz/obshestvo/6450936-v-kazakhstane-pererabatyvaetsya-lish-24-otkhodov.html>
2. Keerthana, K., Swamy, R., & Srilatha, P. (2022). Bioplastic from fruit peels – Waste to wealth. *Pollution Research*, 41(3). <https://doi.org/10.53550/PR.2022.v41i03.029>
3. Salazar Sandoval, S., Amenábar, A., Toledo, I., Silva, N., & Contreras, P. (2024). Advances in the sustainable development of biobased materials using plant and animal waste as raw materials: A review. *Sustainability*, 16(3), 1073. <https://doi.org/10.3390/su16031073>
4. Dictionary.com. (2024). *Definition of "Phyto-"*. Доступно по ссылке: <https://www.dictionary.com/browse/phyto->
5. Gramota.ru. (2024). *Толковый словарь: Определение термина «Фито»*. Доступно по ссылке: <https://gramota.ru/slovari/dic?word=%D1%84%D0%B8%D1%82%D0%BE&all=x>
6. AtyrauPress. (2025, 21 февраля). *Атырауские студенты разработали проект по производству фитокожи с использованием камыша*. Доступно по ссылке:

- <https://atpress.kz/ru/news/v-atyrau/atyrauskie-studenty-razrabotali-proekt-po-proizvodstvu-fitokozhi-s-ispolzovaniem-kamysha>
7. inAtyrau.kz. (2025, 22 февраля). *Атырауские студенты разработали проект по производству фитокосжи с использованием камыша*. Доступно по ссылке: <https://www.inatyrau.kz/news/3862395/atyrauskie-studenty-razrabotali-proekt-po-proizvodstvu-fitokozhi-s-ispolzovaniem-kamysha>
  8. Hadisoewignyo, L., Foe, K. and Tjandrawinata, R.R. (2017). Isolation and characterization of Agung banana peel starch from East Java Indonesia. *International Food Research Journal* 24(3): 1324-1330. [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(03\)%202017/\(58\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(03)%202017/(58).pdf)
  9. Supriya Nandlal Kanoujiya and Shivani Kakkar Khanna (2016). Production of biodegradable plastic from banana peel. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)* 2019, Volume 6, Issue 5 <https://jetir.org/papers/JETIRCB06034.pdf>
  10. Wikipedia. (n.d.). Тростник обыкновенный. Викисловарь. Доступно по ссылке: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9)
  11. Syngenta Kazakhstan. (n.d.). Камыш, тростник и рогоз: в чем их различие. Доступно по ссылке: <https://www.syngenta.kz/mnogoletnie-zlakovye-sornyaki/kamysh-trostnik-i-rogoz-v-chem-ih-razlichie>
  12. Solution Buggy. (2024). Turn agricultural waste into sustainable products. Доступно по ссылке: <https://www.solutionbuggy.com/blog/turn-agricultural-waste-into-sustainable-products>
  13. Chen, L., Yang, M., Chen, Z., Xie, Z., Huang, L., Osman, A. I., Farghali, M., Sandanayake, M., Liu, E., Ahn, Y. H., Al-Muhtaseb, A. H., & Rooney, D. W. (2024). Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects. *Materials Today Sustainability*, 23, 100930. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.100930>