УДК 664.8:338.43

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПЕРАЦИЙ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА РИСА

♦♦♦♦♦

# TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF CLOSED-LOOP RICE GRAIN PROCESSING OPERATIONS

**Шаззо Аслан Юсуфович**
доктор технических наук,
профессор,
заведующий кафедрой пищевой
инженерии и высоких технологий,
Кубанский государственный технологический университет

**Бахмет Марина Петровна**
кандидат юридических наук,
доцент кафедры пищевой
инженерии и высоких технологий,
Кубанский государственный технологический университет

**Данилова Анастасия Николаевна**
аспирантка,
Кубанский государственный технологический университет

**Аннотация.** Экономика замкнутого цикла переработки зерна риса позволяет организовать практически безотходную технологию и коэффициент использования вторичных ресурсов. Из общего количества поступающего на переработку зерна риса, почти 30 % приходится на отходы, позиционируемые сейчас как вторичные пищевые ресурсы. Выполнен обзор научно-технических и патентных источников по способам переработки вторичных рисовых ресурсов. Цель работы – проанализировать технологические возможности получения пищевых и технических продуктов из рисовой мучки, соломы и шелухи. В статье представлены примерные структурные схемы переработки зерна и шелухи риса. Сформирована таблица по способам переработки риса и вторичных ресурсов. Охарактеризовано современное состояние техники, технологии и экономики переработки зерна риса, основным положениям экономики замкнутого цикла.

**Ключевые слова:** зерно риса, рисовая солома, мучка, лузга, схемы переработки, операции замкнутого цикла.

**Shazzo Aslan Yusufovich**
Doctor of Engineering,
Professor,
Head of the Department
of Food Engineering
and High Technologies,
Kuban State Technological University

**Bakhmet Marina Petrovna**
Candidate of Engineering,
Associate Professor of the Department
of Food Engineering
and High Technologies,
Kuban State Technological University

**Danilova Anastasia Nikolaevna**
Graduate Student,
Kuban State Technological University

**Annotation**. A closed-loop rice grain processing economy enables a virtually waste-free technology and efficient utilization of secondary resources. Almost 30 % of the total amount of rice grain processed is waste, currently classified as secondary food resources. This paper reviews scientific, technical, and patent sources on methods for processing secondary rice resources. The objective of this study is to analyze the technological feasibility of producing food and industrial products from rice bran, straw, and husk. This article presents sample structural diagrams for processing rice bran and husk. A table of rice processing methods and secondary resources is provided. The current state of technology, technology, and economics of rice grain processing is described, along with the key principles of a closed-loop economy.

**Keywords:** rice grain, rice straw, bran, husk, processing schemes, closed-loop operations.

Рис и продукты его переработки считаются второй, после пшеницы, самой крупнотоннажной зерновой культурой в мире. Если принять во внимание, что ежегодно в России выращивают более 1 млн т риса, то почти 300 тыс. т приходится на отходы, точнее на вторичные ресурсы переработки зерна. В том числе около 100 тыс. т рисовой мучки и 160 тыс. т шелухи.

Представляет интерес проанализировать особенности технологии замкнутого цикла при переработке зерна риса. Прежде всего, авторы обращают внимание на безопасность и качество зерна риса и вторичных ресурсов его переработки [1, 3, 4]. Значительный цикл исследований связан с созданием электронной базы данных по безотходной переработке зерновых продуктов [2, 13, 14].

На кафедре Пищевой инженерии и высоких технологий КубГТУ успешно разрабатываются инновационные технологии безотходной переработки зерновых культур [3,

4, 7, 17]. К вторичным продуктам переработки зерна риса относятся аморфный диоксид кремния, ванилин, воск, ксилит, рисовое масло, рисовая мучка, фитин, фурфурол, этанол [5, 12, 17].

Важным направлением выполненных исследований является их правовая защита [6, 15, 16]. Ряд авторов утверждают, что оптимальные пути переработки агропищевого сырья можно спрогнозировать с помощью искусственного интеллекта [8–10]. Перспективным направлением комплексной переработки сырья считается сушка и измельчение до порошкообразного состояния [11, 14].

В основу обеспечения качества вторичных продуктов переработки зерна положен принцип контроля за микробиологическим состоянием объектов, отсутствие солей тяжелых металлов и пестицидов [18]. Опубликованные предложения по комплексному использованию зерна и продуктов его переработки вписываются в положения региональной экономики замкнутого цикла [19].

Выполненный обзор литературы позволил сформулировать цель исследования по анализу технологических возможностей получения пищевых и технических продуктов из рисовой мучки, соломы и лузги.

Для достижения поставленной цели решались задачи по конструированию структурной схемы комплексной переработки зерна риса и схемы переработки рисовой шелухи. Составлена таблица с перечнем технологических приемов переработки зерна риса и отходов.

В представленной на рисунке 1 схеме показан инновационный технологический прием – экстракция из рисовой мучки рисового масла, с использованием в качестве экстрагентов бинарной смеси сжиженного пропана и диоксида углерода. После извлечения масла остается стерильный белково-углеводный шрот, пригодный для использования в качестве натуральной пищевой добавки.

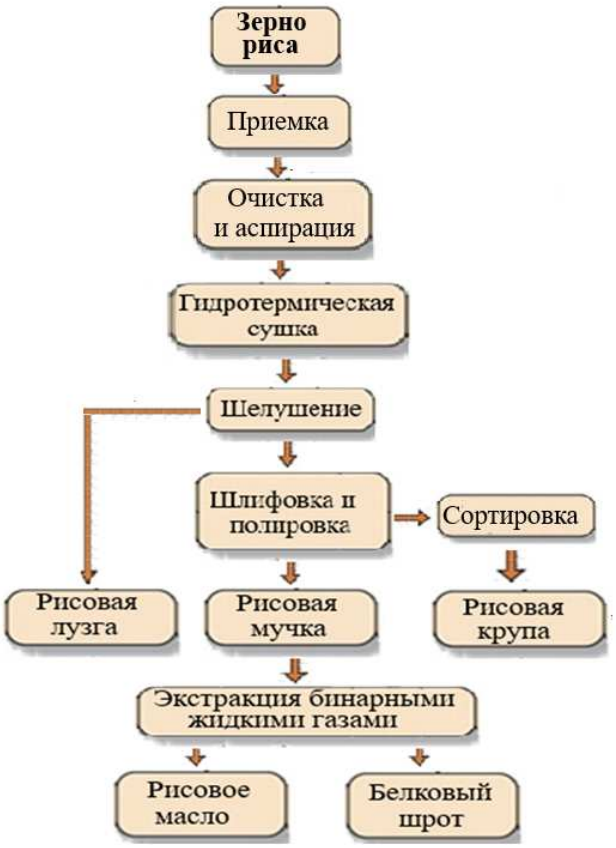


**Рисунок 1** – Структурная схема переработки зерна риса

Как видно из данных рисунка 1, из зерна риса можно получать рисовую крупу, мучку, масло и белковый шрот.

После очистки риса-сырца, сушки и шелушения, получают до 60 % крупного, 15 % среднего и 15 % мелкого зерна.

При получении рисовой крупы достигается выход 60–65 %, отрубей и зародышей 10–15 %, лузги и ости 20–25 %.

В таблице приведены способы переработки зерна и рисовых отходов.

**Таблица 1** – Способы переработки зерна риса и рисовых отходов

| № | Компоненты переработки зерна | Виды действий | Конечный продукт | Способы использования |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Зерно риса | Очистка зерна, сушка, шелушение, шлифовка, полировка | Пищевые продукты и вторичное сырье | Ценные пищевые и технические продукты |
| 2 | Поврежденные зерна | Предсахарификация с последующим одновременным осахариванием и ферментацией | Комбикорм Биотопливо Биоэтанол | Включение в состав комбикормов для животных, птиц и рыб. Использование биогаза и этилового спирта в технологических процессах |
| 3 | Рисовая крупа | Шелушение зерна, шлифование крупы, сепарирование, очистка | Крупа | Основной пищевой продукт |
| 4 | Рисовая лузга | Пиролиз при температуре 400–700 °С в атмосфере $N_2$ | Биоуголь | Средство для очистки сточных вод, снижение содержания мышьяка и кадмия |
| 5 | Рисовая шелуха | Предварительная обработка органическ. кислотами при 600 °С | Катализаторы | Подложки для катализатора (при производстве диоксида кремния) |
| 6 | Рисовая солома | Пиролиз при температуре 400–700 °С в атмосфере $N_2$ | Биоуголь | Сорбент. Средств для очистки почвы и сточных вод: |
| 7 | Рисовые отруби | Использование субкритической водно-метанольной смеси | Биотопливо | Жидкое биотопливо: биодизель |
| 8 | Рисовая солома | Каталитическое гидроожижение с использованием катализаторов $Ni/SeO_2$ | Биотопливо | Жидкое биотопливо: биомасло |
| 9 | Рисовая солома | Каталитический пиролиз экстрагированной микрокристаллической целлюлозы | Ценные химические вещества | Ароматические углеводороды |
| 10 | Рисовые отруби | Сульфированная карбонизация при температуре 180–250 °С | Катализаторы | Гидролиз целлюлозы до глюкозы |
| 11 | Рисовые отруби | Сверхкритическая $CO_2$-экстракция | Воск | Защитное покрытие плодов |

Из данных таблицы видно, что при переработке вторичных рисовых продуктов можно получать аморфный диоксид кремния, ванилин, воск, ксилит, рисовое масло, рисовая мучка, фитин, фурфурол, этанол.

В период переработки зерна риса в крупу выход конечного продукта может достигать 50–67 %, а оставшуюся часть составляют побочные продукты и отходы, представляющие собой идеальное сырье для получения биоугля, биотоплива, сахаров, органических кислот и ароматических углеводородов.

На рисунке 2 приведена структурная схема переработки рисовой шелухи.

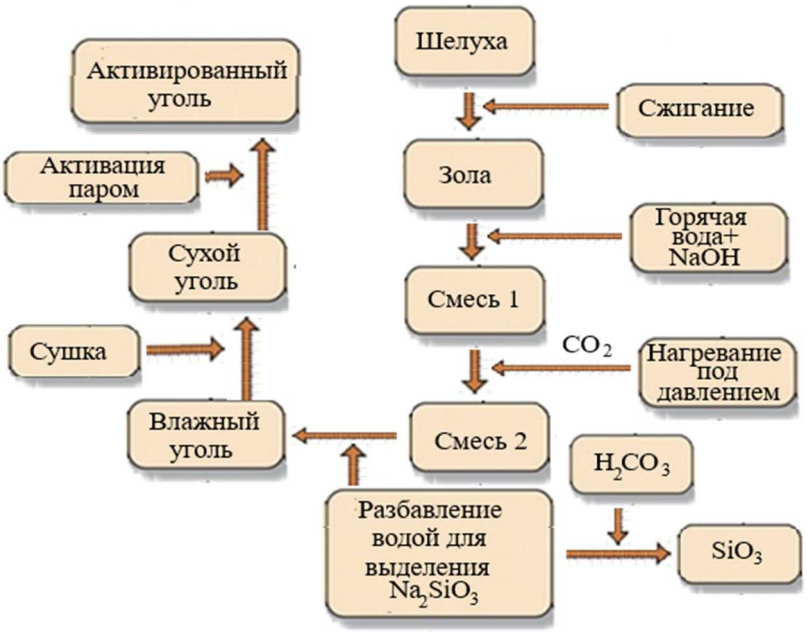


**Рисунок 2** – Структурная схема переработки рисовой шелухи

Как видно из данных рисунка 2, при озолении рисовой шелухи (лузги) можно получать высококачественный сорбент и аморфный диоксид кремния.

Стратегия переработки вторичного рисового сырья основана на использовании физических методов обработки жидким азотом, ультразвуком, электромагнитным полем. Химические методы обработки рисовых отходов включают гидротермальные и каталитические процессы, ферментативный и кислотно-щелочной гидролиз. Однако следует учитывать, что физические методы требуют увеличению затрат на электроэнергию, а химические методы обработки сырья могут негативно воздействовать на окружающую среду и приводить к увеличению сточных вод. Для снижения затрат на переработку рисовых отходов необходимо использовать более мягкие режимы обработки и эффективные катализаторы с высокой активностью.

Последние разработки в инжиниринговом центре КубГТУ «Высокие технологии и продовольственная безопасность», позволяют предложить современные технические решения по безотходной переработке зерна риса, в соответствии с основными положениями региональной экономики замкнутого цикла.

**Заключение.** При выполнении обзора научно-технических и патентных источников по способам переработки вторичных рисовых ресурсов, установлено, что кроме шелушенного риса и рисовой крупы, из отходов можно получать ценные пищевые и технические продукты. Разработаны примерные структурные схемы переработки зерна и шелухи риса. Сформирована таблица по способам переработки риса и вторичных ресурсов. Проанализировано современное состояние техники, технологии и экономики основным положениям экономики замкнутого цикла.

**Литература**

1. Айрумян В.Ю. Химический состав продуктов переработки зерна риса и кукурузы для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий / В.Ю. Айрумян, Н.В. Сокол, Е.А. Ольховатов // Ползуновский вестник. – 2020. – № 3. – С. 3–10. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020/03/001
2. База данных национальных моделей реализации экономики замкнутого цикла / Е.А. Яковлева, М.В. Терешина, Э.С. Торосян, Т.В. Васкевич. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025624273. Заявка № 2025623852 от 18.09.2025, опубл. 07.10.2025.

3. Бахмет М.П. Способы обеспечения безопасности и сохранения пищевой ценности продуктов питания / М.П. Бахмет, П.Р. Тагирова, А.Н. Данилова // Актуальные и инновационные технологии переработки агропищевого сырья и водных биологических ресурсов: Сборник материалов Материалы Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 219–222.
4. Бахмет М.П. Варианты сохранения качества и безопасности зернового сырья / М.П. Бахмет, Н.А. Шмалько, А.Я. Альдарвиш // В сборнике: Инновации в индустрии питания и сервисе. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры общественного питания и сервиса и в рамках Десятилетия науки и технологий. – Краснодар, 2025. – С. 204–205.
5. Бельдиева Н.А. Технология производства косметических ингредиентов с использованием вторичных продуктов переработки риса / Н.А. Бельдиева, В.Е. Тарасов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1. – 7 с. DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.23
6. Захаренко Д.С. Особенности правовой охраны производных произведений / Д.С. Захаренко, Э.С. Торосян // Юрист. – 2022. – № 12. – С. 36–42.
7. Исследование влияния качества риса на эффективность его переработки / В.А. Зиятдинова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – 7 с.
8. Золотокопов А.В. Системный подход к использованию функций управления искусственным интеллектом в пищевой промышленности / А.В. Золотокопов, С.В. Золотокопова, Э.С. Торосян // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2025. – № 2. – С. 72–78.
9. Золотокопов А.В. Конструирование состава пищевых продуктов с помощью инструментов оценки рациона, основанных на искусственном интеллекте / А.В. Золотокопов, Э.С. Торосян // В сборнике: Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий. – Краснодар, 2025. – С. 420–424.
10. Золотокопов А.В. Проектирование качества многокомпонентных пищевых систем на основе безотходной технологии переработки рыбного сырья / А.В. Золотокопов, М.Е. Цибизова, Г.И. Касьянов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2025. – № 4. – С. 32–39.
11. Касьянов Д.Г. Инновационные подходы к созданию хлебобулочных и кондитерских изделий с использованием плодоовощных криопорошков / Д.Г. Касьянов, Э.С. Торосян // В сборнике: Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий. – Краснодар, 2025. – С. 211–219.
12. Сравнительная характеристика кремнийсодержащих продуктов из отходов производства риса и коммерческих энтеросорбентов / А.В. Ковехова [et al.] // Вестник ДВО РАН. – 2023. – № 6. – С. 135–145. – URL : http://dx.doi. org/10.37102/0869-7698_2023_232_06_12
13. Программа для учёта технологий переработки и утилизации отходов / Т.А. Приходько, М.В. Терешина, Э.С. Торосян. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025683827. Заявка № 2025682721 от 01.08.2025, опубл. 08.09.2025.
14. Технология плодоовощных порошков для хлебобулочных изделий / М.П. Бахмет, И.С. Королева, Н.А. Братов, З.А. Яралиева. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025621045. Заявка № 2025620642 от 28.02.2025, опубл. 06.03.2025.
15. Торосян Э.С. Современные проблемы охраны произведений авторского права в цифровую эпоху // Юрист. – 2022. – № 10. – С. 42–47.
16. Торосян Э.С. Правовые аспекты изобретательской деятельности в пищевой промышленности / Э.С. Торосян, Г.И. Касьянов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2026. – № 1. – С. 111–118.
17. Методы оценки качества зерна риса и продуктов его переработки в зарубежных исследованиях / А.Ю. Шаззо [и др.] // Новые технологии. – 2017. – № 2. – С. 31–36.
18. Шипулин В.И. Основы проектирования качества продуктов из агропищевого сырья / В.И. Шипулин, Д.Г. Касьянов, Э.С. Торосян // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2026. – № 1. – С. 147–155.
19. Проблемы и перспективы развития экономики замкнутого цикла в Краснодарском крае: опыт эмпирического исследования / К.В. Ячменник [и др.] // В сборнике: Национальные эколого-экономические и социальные интересы в эпоху больших вызовов. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики (РОЭЭ). – Апатиты, 2025. – С. 126–129.

## References

1. Airumyan V.Yu. Chemical composition of processed rice and corn grain products to increase the nutritional and biological value of bakery products / V.Yu. Airumyan, N.V. Sokol, E.A. Olkhovatov // Polzunovsky Vestnik. – 2020. – № 3. – P. 3–10. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020/03/001

2. Database of national models for implementing a circular economy / E.A. Yakovleva, M.V. Tereshina, E.S. Torosyan, T.V. Vaskevich. Database registration certificate RU 2025624273. Application No. 2025623852 dated 09.18.2025, published. 10/07/2025.
3. Bakhmet M.P. Methods for Ensuring the Safety and Preservation of Nutritional Value of Food Products / M.P. Bakhmet, P.R. Tagirova, A.N. Danilova // Current and Innovative Technologies for Processing Agro-Food Raw Materials and Aquatic Biological Resources: Collection of Materials from the International Scientific and Practical Conference. – Krasnodar, 2023. – P. 219–222.
4. Bakhmet M.P. Options for Maintaining the Quality and Safety of Grain Raw Materials / M.P. Bakhmet, N.A. Shmalko, A.Ya. Aldarvish // In the collection: Innovations in the Food Industry and Service. Collection of materials of the VI International scientific and practical conference dedicated to the 40th anniversary of the Department of Public Catering and Service and within the framework of the Decade of Science and Technology. – Krasnodar, 2025. – P. 204–205.
5. Beldieva N.A. Technology of production of cosmetic ingredients using secondary products of rice processing / N.A. Beldieva, V.E. Tarasov // International Research Journal. – 2024. – № 1. – 7 p. DOI: 10.23670/IRJ.2024.141.23
6. Zakharchenko D.S. Features of legal protection of derivative works / D.S. Zakharchenko, E.S. Torosyan // Jurist. – 2022. – № 12. – P. 36–42.
7. Study of the influence of rice quality on the efficiency of its processing / V.A. Ziyatdinova [et al.] // Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – № 1. – 7 p.
8. Zolotokopov A.V. A systems approach to the use of artificial intelligence control functions in the food industry / A.V. Zolotokopov, S.V. Zolotokopova, E.S. Torosyan // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2025. – № 2. – P. 72–78.
9. Zolotokopov A.V. Construction of food product composition using diet assessment tools based on artificial intelligence / A.V. Zolotokopov, E.S. Torosyan // In the collection: Bakery, confectionery and pasta products of the 21st century Collection of materials of the IX International scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology. – Krasnodar, 2025. – P. 420–424.
10. Zolotokopov AV Design of the quality of multicomponent food systems based on waste-free technology for processing fish raw materials / AV Zolotokopov, ME Tsibizova, GI Kasyanov // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2025. – № 4. – P. 32–39.
11. Kasyanov DG Innovative approaches to the creation of bakery and confectionery products using fruit and vegetable cryopowders / DG Kasyanov, ES Torosyan // In the collection: Bakery, confectionery and pasta products of the 21st century. Collection of materials of the IX International scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology. – Krasnodar, 2025. – P. 211–219.
12. Comparative characteristics of silicon-containing products from rice production waste and commercial enterosorbents / A.V. Kovekhova [et al.] // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2023. – № 6. – P. 135–145. – URL : http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_232_06_12
13. Software for accounting of waste processing and disposal technologies / T.A. Prikhodko, M.V. Tereshina, E.S. Torosyan. Computer program registration certificate RU 2025683827. Application № 2025682721 dated 08/01/2025, published 09/08/2025.
14. Technology of fruit and vegetable powders for bakery products / M.P. Bakhmet, I.S. Koroleva, N.A. Bratov, Z.A. Yaralieva. Database registration certificate RU 2025621045. Application № 2025620642 dated 02/28/2025, published 03/06/2025.
15. Torosyan E.S. Modern problems of copyright protection in the digital age // Jurist. – 2022. – № 10. – P. 42–47.
16. Torosyan E.S. Legal aspects of inventive activity in the food industry / E.S. Torosyan, G.I. Kasyanov // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2026. – № 1. – P. 111–118.
17. Methods for Assessing the Quality of Rice Grain and Its Processed Products in Foreign Studies / A. Yu. Shazzo [et al.] // New Technologies. – 2017. – № 2. – P. 31–36.
18. Shipulin V.I. Fundamentals of Designing the Quality of Products from Agro-Food Raw Materials / V.I. Shipulin, D.G. Kasyanov, E.S. Torosyan // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2026. – № 1. – P. 147–155.
19. Problems and Prospects for Developing a Circular Economy in Krasnodar Krai: An Empirical Study / K. V. Yachmennik [et al.] // In the collection: National Ecological, Economic and Social Interests in the Era of Great Challenges. Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of the Russian Society for Ecological Economics (ROSEE). – Apatity, 2025. – P. 126–129.