

Научная статья

УДК 332.143

DOI 10.18101/2304-4446-2025-3-87-97

Применение элементов циркулярной экономики в аграрном секторе региона

© **Кухаренко Андрей Андреевич**

аспирант

i@akuharenko.ru

© **Гайдук Владимир Иванович**

доктор экономических наук, профессор

vi_gayduk@mail.ru

© **Линченко Владислав Владимирович**

аспирант

xd1935@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина
Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

Аннотация. Авторами проанализировано текущее состояние циркулярной экономики. Отмечен значительный рост в нашей стране образования отходов производства и потребления во всех отраслях экономики, в том числе в сельском хозяйстве и обрабатывающем производстве. В работе предложено два проекта по внедрению биологических циклов в сельском хозяйстве. Кроме того, авторами на примере сельскохозяйственных предприятий Краснодарского края проведен анализ использования послеуборочных остатков в сельском хозяйстве. Установлено, что переработанные послеуборочные остатки имеют большое количество питательных веществ и могут использоваться в качестве удобрений, что отражается на плодородии почвы, урожайности и качестве выращивания сельскохозяйственных культур. Таким образом, потенциал послеуборочных остатков может служить источником возобновляемых ресурсов и благоприятно влиять на устойчивость сельскохозяйственных систем. По итогам исследования авторами делаются выводы о необходимости внедрения инструментов циркулярной экономики для повышения плодородия сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: сельское хозяйство, сельские территории, государственная поддержка, агропромышленный комплекс, циркулярная экономика, плодородие почвы.

Для цитирования

Кухаренко А. А., Гайдук В. И., Линченко В. В. Применение элементов циркулярной экономики в аграрном секторе региона // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2025. № 3. С. 87–97.

Мировой сельскохозяйственный сектор находится на переломном этапе, балансируя между поддержанием продовольственной безопасности и смягчением последствий эксплуатации окружающей среды.

Текущая линейная модель экономики исчерпала свой потенциал, поскольку при ее реализации основной целью хозяйствующих субъектов является получение максимальной прибыли даже в ущерб природе и окружающей среде. В то же

время циркулярная экономика преследует цель экологического равновесия, в результате которого достигается долгосрочное природопользование и эффективный цикл использования товаров и услуг. Таким образом, вышеуказанная отрасль экономических знаний включает в себя в том числе и экологический аспект, направлена на устойчивое развитие общества.

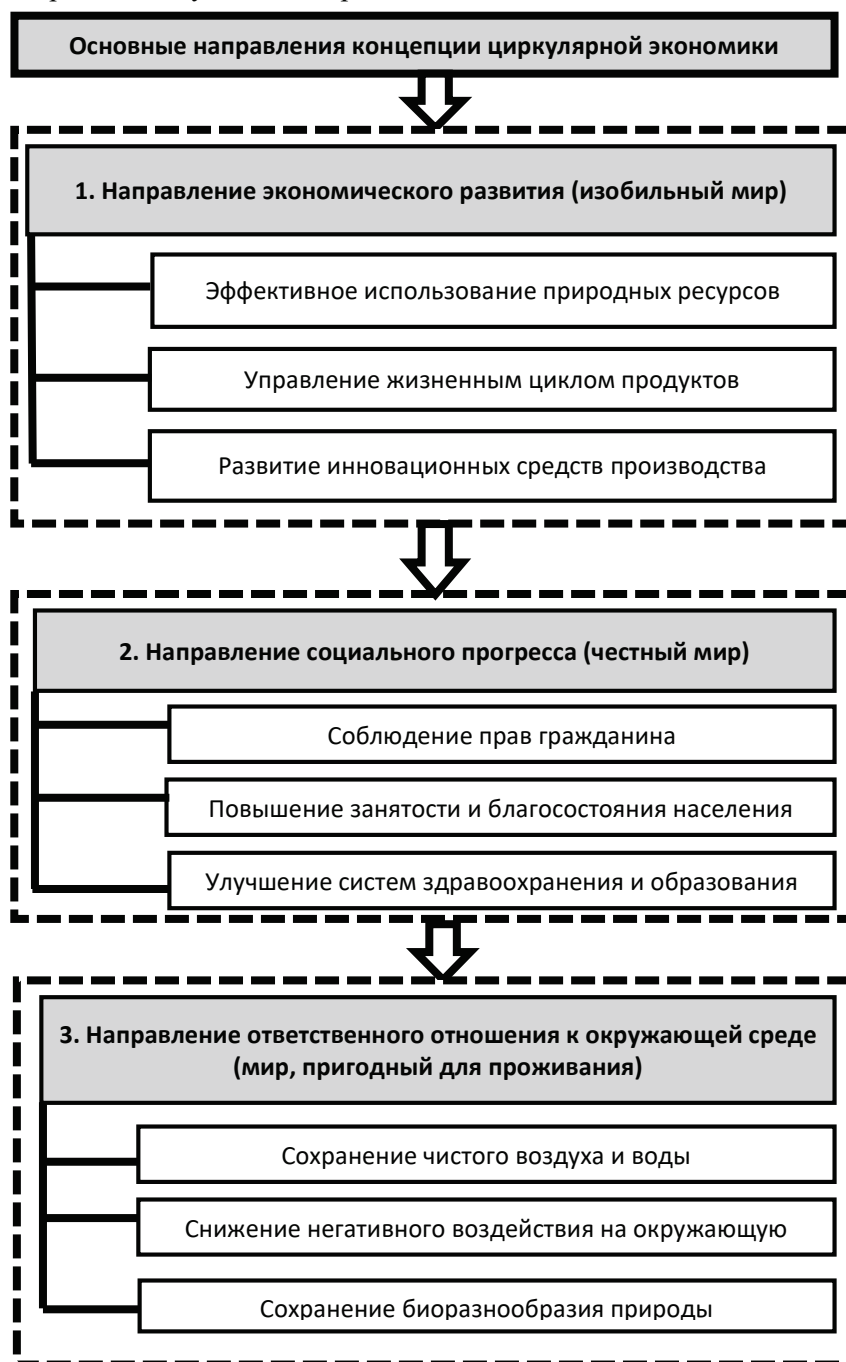


Рис. 1. Основные направления концепции циркулярной экономики

Современный этап развития циркулярной экономики характеризуется уже активным внедрением ее элементов в практическую деятельность народного хозяйства, что нашло отражение в ряде зарубежных и отечественных нормативно-правовых актов.

Авторы выделяют основные государственные механизмы поддержки циркулярной экономики, которые отражены на рисунке 2.

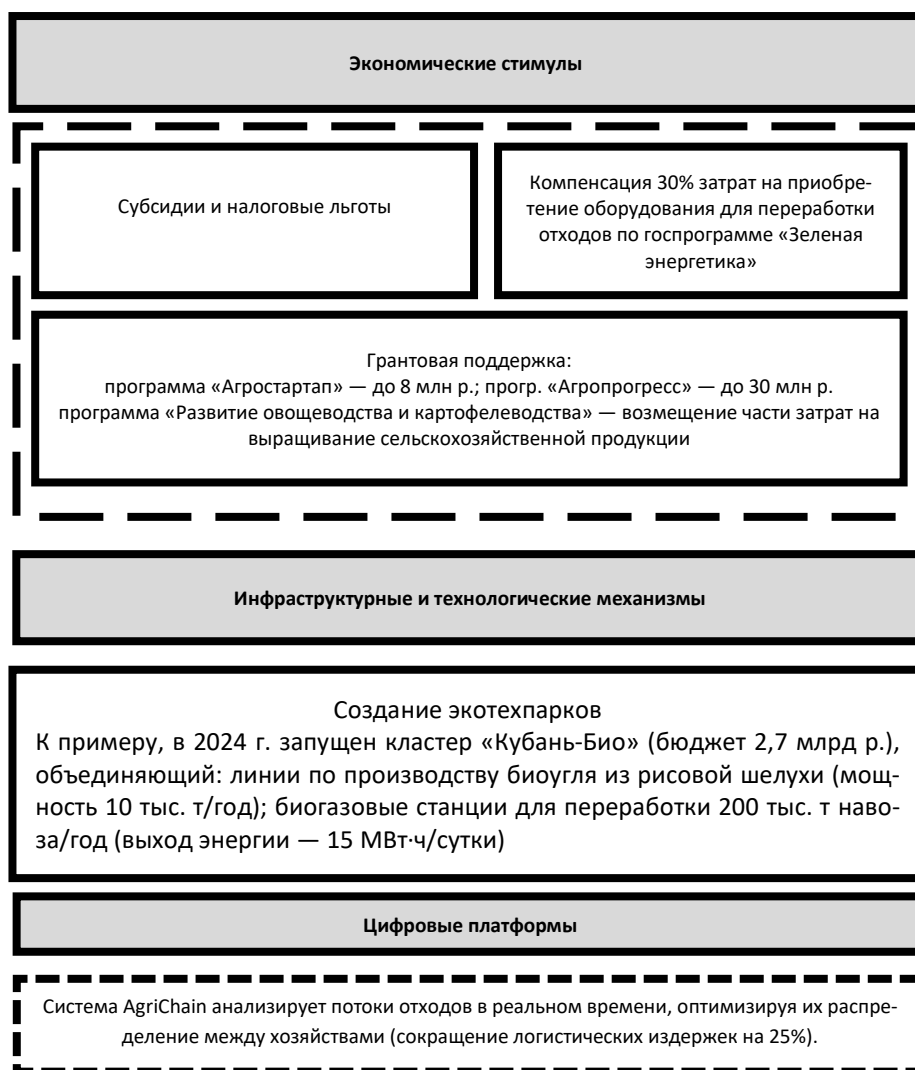


Рис. 2. Государственные механизмы поддержки циркулярной экономики [4, 6–12]

Несмотря на поддержку развития циркулярной экономики в нашей стране за последние 20 лет наблюдается значительный рост образования отходов производства и потребления, во всех отраслях экономики. Что касается сельского хозяйства, то объем образования отходов производства и потребления увеличился

за рассматриваемый период более чем в три раза, а в обрабатывающем производстве более чем в четыре раза (рис. 3).

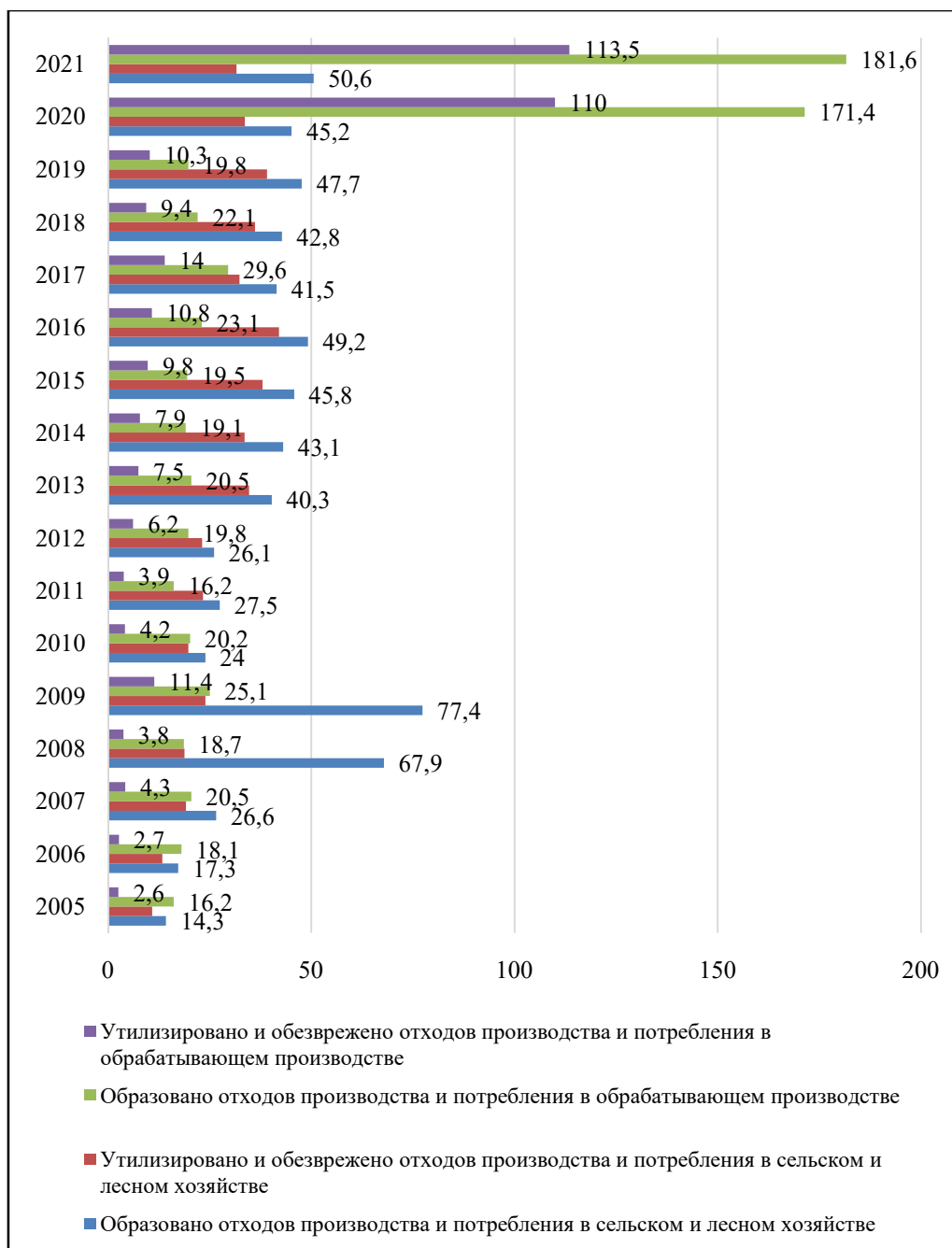


Рис. 3. Объем образованных, утилизированных и обезвреженных отходов в сельском и лесном хозяйстве, а также в обрабатывающем производстве, млн т [2]

Существующая структура циркулярной экономики имеет два цикла: технический и биологический. Для использования товаров повторно необходимо, чтобы производители осуществляли их проектирование с учетом применения долговечных материалов и принципа ремонтпригодности.

Бесконтрольное размещение отходов от растениеводства, животноводства и обрабатывающего производства может вызвать санитарно-эпидемиологическую опасность территорий в зоне расположения данных объектов, вызвать ухудшение экологической обстановки. Данный фактор обусловлен аэробными и анаэробными процессами при биологическом разложении органических веществ, сопровождаемом выделением в окружающую среду токсичных соединений и парниковых газов.

Повсеместно возникающие стихийные свалки таких отходов создают высокий уровень негативного воздействия на компоненты природной среды в результате загрязнения почв и грунтовых вод патогенной микрофлорой, органическими, азотосодержащими веществами и тяжелыми металлами.

Перспективными направлениями утилизации и обезвреживания отходов сельского хозяйства и животноводства является развитие российских биотехнологий аэробного и анаэробного биотермического компостирования, при использовании которых отходы органического происхождения обезвреживаются и превращаются в ценное органическое удобрение (биогумус, компост), а также получение биогаза, твердого топлива и производство строительных изделий¹.

В настоящее время на территории Краснодарского края реализуется ряд проектов в рассматриваемой сфере.

Проект 1.

Компостирование растительных остатков в Славянском районе. Использовалось 10 тонн/га (стебли кукурузы, шелуха подсолнечника), добавки в виде 3 т/га навоза крупного рогатого скота (соотношение С:N 25:1), 0,5% микробных биоактиваторов (целлюлозоразлагающие бактерии). Остатки измельчаются до частиц размером 2–5 см, смешиваются с навозом и укладываются в валки высотой 1,5 м. Осуществляется их переворачивание раз в две недели для поддержания аэробных условий (кислород > 10%). Температура контролировалась ежедневно (в термофильной фазе она достигала 65°C). Влажность поддерживалась на уровне 50–60% с помощью орошения дождевой водой. Длительность исследования: 90 дней. Органические удобрения проверялись на содержание питательных веществ (N-P-K) и вносились на тестовые участки.

Оказалось, что при использовании органических удобрений:

- уменьшилась необходимость в использовании химических удобрений на 40% на тестовых участках;
- органическое вещество почвы увеличилось на 15% за шесть месяцев;
- конечное соотношение NPK: 1,8% N, 0,9% P, 1,2% K (по сравнению с исходным NPK остатков 0,5% N, 0,2% P, 0,7% K);
- сократились патогены на 99%;

¹ Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (Извлечение) // Вестник ветеринарии. 2023. № 1(104). С. 12–18. Текст: непосредственный.

– содержание органических веществ составило 58% (по сравнению с 42% в сырых остатках) [3].

Рассмотрим полевое применение. В тестовые участки было внесено 5 тонн/га компоста, в контрольные участки внесены синтетические удобрения (NPK 20-10-10 при 200 кг/га). Урожайность кукурузы составила 8,2 т/га (компост) против 7,5 т/га (синтетика). Урожайность подсолнечника — 2,9 т/га (компост) против 2,7 т/га (синтетика). Экономия затрат составляет 40% за счет сокращения расходов на удобрения.

Выводы: данное решение подходит для средних и крупных фермеров, улучшает состояние почвы и минимизирует внесение синтетических удобрений, но требует дополнительных трудозатрат. Если субсидировать покупку измельчителей, то можно снизить затраты на оплату труда до 30% [3].

Проект 2.

Биогаз из отходов животноводства в Тимашевском молочном комбинате (500 голов крупного рогатого скота). Был установлен небольшой анаэробный метантенк (емкость 50 м³) мезофильные условия (35–40°C). Кормовое сырье: 2 тонны/сутки навоза крупного рогатого скота + 0,5 тонны/сутки пищевых отходов (с местных рынков). Время хранения: 25 дней. Состав биогаза: 60% метана, 35% CO₂, 5% следовых газов. Биогаз используется в теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) мощностью 30 кВт.

Вырабатывается 120 м³ биогаза в день, что обеспечивает 70% энергетических потребностей фермы. Выбросы CO₂ сократились на 25 тонн в год. Наблюдается экономия затрат: 10,8 руб./кВт·ч (биогаз) против 16,2 руб./кВт·ч (электричество из сети), что дает 777 600 р. экономии в год [3].

Основными принципами сохранения плодородия почвы являются соблюдение севооборота, использование высокопродуктивных семян, внесение органических и минеральных удобрений. Из представленной таблицы видно, что аграрии Российской Федерации и, в частности, Краснодарского края, вносят меньший объем органических и минеральных удобрений по сравнению с производителями сельскохозяйственной продукции из других стран.

Таблица 1

Сравнение использования органических и минеральных удобрений в зарубежных странах, Российской Федерации и в Краснодарском крае в 2022 г.

Страна, край	Внесение органических удобрений		Внесение питательных веществ, д.в. кг/га			NPK в органических удобрениях от общего внесения, %
	млн т	на 1 га пашни, т	с органическими удобрениями	с минеральными удобрениями	Всего	
Венгрия*	37	7,7	92	262	354	24
Англия*	175	26	312	319	631	49
Франция*	376	22,8	274	306	580	47
Дания*	45	17,3	208	257	465	48
Россия, среднее за 4 года	49	0,9	11	42	53	20
Краснодарский край (2022 г.)	3,8	1,6	42	110	152	28

В настоящее время послеуборочные остатки не дают качественно сеять семена особенно мелкосемянных культур. Большое количество послеуборочных остатков на поле приводит к забиванию сеялок, в результате чего получаются «рванные всходы».

Вместе с тем сухие стебли злаковых и бобовых зерновых культур, остающиеся после обмолота, имеют питательную ценность (рис. 4–5).

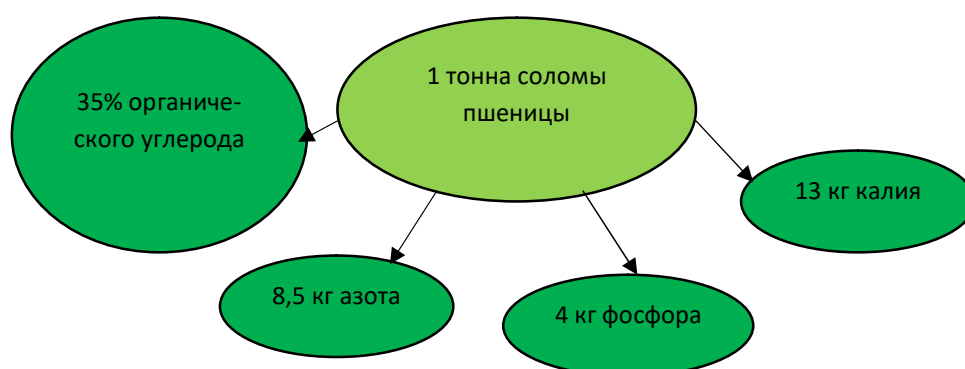


Рис. 4. Питательная ценность 1 тонны соломы пшеницы

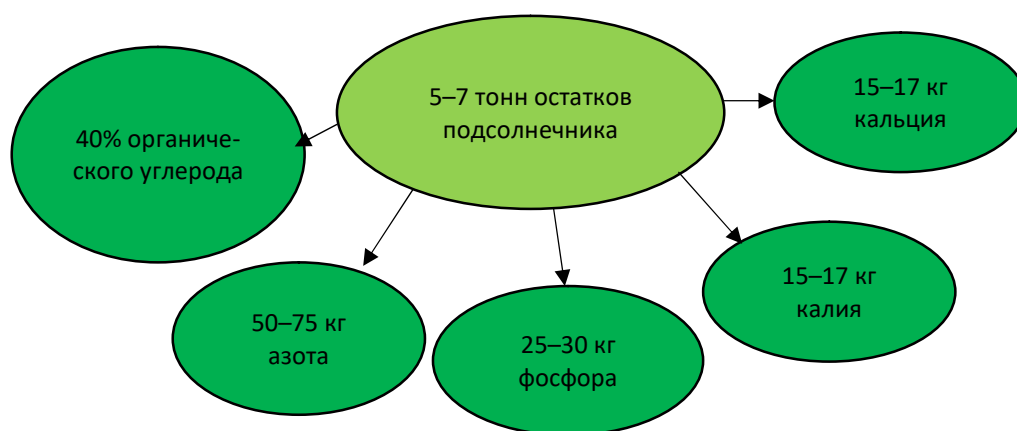


Рис. 5. Питательная ценность 5–7 тонн остатков подсолнечника

При этом процесс полного разложения соломы пшеницы или остатков подсолнечника составляет 3–5 лет.

Кроме того, при неравномерном распределении соломы на поле образуются «соломенные маты», которые долго разлагаются, что вызывает депрессивное действие на культуру из-за образования токсических соединений — фенолов, в результате чего замедляется развитие корней, нарушается обмен веществ, появляются признаки хлороза. Кроме того, растительные остатки — это основной субстрат развития патогенной микрофлоры (септориоза, фузариоза, альтернариоза).

Существует несколько вариантов переработки соломы и растительных остатков.

1. Сжигание. Указанный тип переработки соломы и растительных остатков имеет свои достоинства и недостатки (табл. 2).

2. Сбор и свлакивание соломы на край поля. Данный способ является наиболее трудоемким, по итогам сбора соломы она используется для собственных нужд хозяйства.

Таблица 2
Достоинства и недостатки сжигания соломы и растительных остатков

Достоинства	Недостатки
Самые быстрый и малозатратный	Поскольку температура горения стерни на поверхности почвы достигает 300 °С, а на глубине до 5 см — 50 °С, то выгорает гумус
Борьба с вредителями, особенно с фузариозом	Теряется большое количество углерода — с 1 га 2 500–2 900 кг и 30–40 кг азота. Данные вещества являются основным источником энергии для почвенной микробиоты
	Погибают черви, беспозвоночные животные и микроорганизмы, обитавшие в верхних слоях почвы
	Большое количество насекомых, вредителей прячется глубоко в почве, в результате чего численность злаковых тлей весной может вернуться
	Снижаются запасы воды в слое до 10 см. Ухудшаются водно-физические свойства почвы, что приводит к потере урожая

3. Заделка в почву. Указанный тип переработки соломы и растительных остатков имеет свои преимущества и недостатки (табл. 3).

Таблица 3
Достоинства и недостатки заделки в почву соломы и растительных остатков

Достоинства	Недостатки
Использование соломы в качестве удобрения в 10–12 раз дешевле применения эквивалентного количества NPK	Кратковременное снижение урожайности культуры в первый год после заделки соломы
В соломе содержится большое количество углерода — основного источника образования гумуса	
Улучшение структуры почвы: солома и растительные остатки при разложении обогащают почву органическим веществом, что способствует улучшению ее структуры, повышению влагоемкости и воздухопроницаемости	Риск заноса семян сорняков: солома и растительные остатки могут содержать семена сорняков, которые при заделке в почву могут прорасти и стать проблемой для сельскохозяйственных культур
Повышение плодородия: разлагаясь, растительные остатки выделяют питательные вещества, которые могут быть использованы растениями. Это способствует повышению плодородия почвы и улучшению роста растений	

Использование соломы и растительных остатков в качестве органического удобрения имеет и экологический эффект, так, вышеуказанные послеуборочные остатки являются экологически безопасным способом улучшения почвы, поскольку не требуют использования химических удобрений.

Кроме того, использование правильной технологии использования послеуборочных остатков приведет к снижению эрозии почвы: солома, заделанная в почву, помогает предотвратить эрозию, вызванную ветром и водой, так как она создает защитный слой на поверхности земельного участка. Также заделка соломы и растительных остатков может помочь уменьшить количество сорняков, так как они создают конкуренцию для прорастания семян сорняков и могут служить мульчей, подавляя их рост.

С учетом развития механизмов циркулярной экономики и биологизированной технологии выращивания зерновых культур предлагается биологический метод переработки соломы и растительных остатков.

Циркулярное сельское хозяйство функционирует как сложная адаптивная система, что требует проведения исследований, направленных на выявление причинно-следственных связей между такими переменными, как политические меры, поведение заинтересованных сторон и эффективность материальных потоков. Будущие исследования также должны подтвердить такие бизнес-модели, как системы «продукт — услуга» (PSS), в которых фермы арендуют оборудование для переработки органических отходов, что позволяет совместить капитальное бремя с долгосрочной выгодой. Такие схемы, подкрепленные строгим системным анализом, имеют решающее значение в преобразовании линейности сельского хозяйства в устойчивость циркулярной экономики.

Литература

1. Андреева Е. А., Кухаренко А. А. Проблемы внедрения проектов развития сельского хозяйства и пути их разрешения // Управление проектами развития сельских территорий : материалы V Национальной научно-практической конференции (Краснодар, 11 апреля 2024 г.). Краснодар: Российское энергетическое агентство Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ — филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2024. С. 34–37. — EDN BZZIXF. Текст: непосредственный.
2. Гайдук В. И., Кухаренко А. А. Циркулярная экономика: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 Экономика, направленность «Экономика предприятий и организаций». Краснодар: Изд-во Кубанск. гос. аграрн. ун-та им. И. Т. Трубилина, 2024. 104 с. ISBN 978-5-907906-83-9. — EDN CRTZRY. Текст: непосредственный.
3. Гайдук В. И., Линченко В. В. Проекты циркулярной экономики в АПК Краснодарского края // Управление проектами в контексте стратегического развития экономики: материалы VI Национальной научно-практической конференции. Краснодар, 2025. С. 347–351.
4. Кухаренко А. А., Гайдук В. И. Государственно-частное партнерство как фактор развития сельских территорий // Современные векторы развития науки: сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год (Краснодар, 6 февраля 2024 г.). Краснодар: Изд-во Кубанск. гос. агр. ун-та им. И. Т. Трубилина, 2024. С. 660–661. — EDN QIAWTQ. Текст: непосредственный.
5. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (Извлечение) // Вестник ветеринарии. 2023. № 1(104). С. 12–18. Текст: непосредственный.

6. Gaiduk V. I., Kondrashova A. V., Paremuzova M. G. et al. Substantiation of Priority Areas to Ensure Food Security in the Russian Federation: A System-Cognitive Analysis. *Bioscience Biotechnology Research Communications*. 2021; 14(4): 1806–1812.
7. Gayduk V., Khaliapin A., Kukharensko A. et al. Impact of Government Support Measures on Increasing the Digitalization of the Agro-Industrial Complex. *Revista Juridica*. 2023; 4(76): 99–112. EDN EPGUYS.
8. Sekerin V. D., Gorokhova A. E., Bank S. V. et al. Development of Innovative Intrapreneurship in the Conditions of the Digital Economy. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020; 14(2): 7033–7041.
9. Trubilin A. I., Gayduk V. I., Kondrashova A. V. Management of Integration Formations in the AIC as Food Security Tool. *Amazonia Investiga*. 2020; 9(25): 116–125.
10. Trubilin, A. I., Belkina E. N., Kalitko S. A. Infrastructure of the Regional Agrifood Market: Peculiarities of Functioning and Methods of Improvement. *Espacios*. 2017; 38(33): 41–53.
11. Gayduk V., Khaliapin A. Theoretical Aspects of State Regulation of Agrarian and Industrial Complex. *E3S Web of Conferences*. International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2024). EDP Sciences, 2024, p. 01016.
12. Gayduk V., Khaliapin A. Increasing the Investment Attractiveness of the Agro-Industrial Complex. Proc. Conf. “*Innovations in Sustainable Agricultural Systems*” (ISAS 2024) (Lecture Notes in Networks and Systems). Cham, Switzerland, 2024, pp. 226–233.

Статья поступила в редакцию 16.06.2025; одобрена после рецензирования 01.09.2025; принята к публикации 01.09.2025.

Application of Circular Economy Elements in Agribusiness of the Region

Andrey A. Kukharensko
Research Assistant
i@akuharensko.ru

Vladimir I. Gaiduk
Dr. Sci. (Econ.), Prof.
vi_gayduk@mail.ru

Vladislav V. Linchenko
Research Assistant
xd1935@mail.ru

Trubilin Kuban State Agrarian University
13 Kalinina St., Krasnodar 350044, Russia

Abstract. The article considers the current situation in the circular economy. It has been established that there is a significant increase in production of consumption waste in all sectors of the country's economy, including agriculture and manufacturing. In light of this, we have proposed two projects for implementing biological cycles in agriculture. In addition, the article presents an analysis of using post-harvest residues in agriculture on the example of agricultural enterprises in Krasnodar Krai. It has been found that processed post-harvest residues have a large amount of nutrients and could be used as fertilizers, which will contribute to soil fertility, fair yields and high quality of growing crops. Thus, the potential of post-harvest residues can serve as a source of renewable resources and have a positive effect on the sustainability of agricultural systems. Based

on the results of the study, we have come to the conclusion about the need for introducing circular economy tools to improve the fertility of agricultural lands.

Keywords: agriculture, rural areas, government support, agro-industrial complex, circular economy, soil fertility.

For citation

Kukharensko A. A., Gaiduk V. I., Linchenko V. V. Application of Circular Economy Elements in Agribusiness of the Region. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2025; 3: 87–97 (In Russ.).

The article was submitted 16.06.2025; approved after reviewing 01.09.2025; accepted for publication 01.09.2025.