УДК 620.92

ПЕРЕРАБОТКА СРЕЗАННЫХ ВЕТВЕЙ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ОРГАНИЧЕСКОЕ УДОБРЕНИЕ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ САДОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Бондаренко Л.Ю., *канд. техн. наук, доцент,*
Белопухов В.Н., *аспирант,*
ФГБОУ ВО «МелГУ», г. Мелитополь, Запорожская обл., Россия

Аннотация. *В статье обозначена проблема утилизации срезанных ветвей плодовых деревьев – значительного источника возобновляемой биомассы в садоводческих предприятиях. Традиционная практика сжигания приводит к экологическому ущербу и потерям питательных веществ. Цель работы – дать комплексное эколого-экономическое обоснование переработки древесных отходов садоводства в органические удобрения (компост, биогумус) для садоводческих предприятий. Доказано, что переработка отходов позволяет не только решить экологическую проблему, но и значительно повысить экономическую эффективность садоводства за счет снижения затрат на минеральные удобрения и утилизацию, получения дополнительного дохода и соответствия международным стандартам (GLOBALG.A.P.). С использованием данных экономического моделирования доказана высокая окупаемость агроэкологических инвестиций (срок окупаемости измельчителя – менее 1 сезона) и их зависимость от мер государственной поддержки.*

Ключевые слова *– плодоводство, срезанные ветви, обрезка садов, органическое удобрение, вермикомпостирование.*

Постановка проблемы. Садоводство является стратегически важной подотраслью агропромышленного комплекса, обеспечивающей продовольственную безопасность страны. По данным Росстата, за последние два десятилетия объёмы производства плодово-ягодной продукции в России увеличились на 10-12% [6]. Этот рост был обеспечен преимущественно за счет интенсификации производства: увеличения доли садов интенсивного типа с высокой плотностью посадки и урожайностью. Однако, как отмечают Саифетдинов А.Р. и Лягоскина Н.Р., пороговые значения Доктрины продовольственной безопасности по фруктам и ягодам (60%) до сих пор не достигнуты – уровень самообеспеченности остается на отметке 40-41% [6]. Импортозависимость по отдельным видам продукции, особенно косточковым культурам (черешня, персик, нектарин), достигает 80-90%.

Одной из ключевых задач в рамках реализации политики импортозамещения является не только наращивание объёмы производства, но и повышение экономической эффективности и экологической устойчивости отечественного садоводства. Интенсивное садоводство, помимо высоких урожаев, генерирует и значительные объёмы побочной продукции – срезанных ветвей после обрезки. По разным оценкам, ежегодный выход таких отходов составляет от 3 до 10 и более тонн с гектара [1, 4]. В настоящее время утилизацию срезанных ветвей плодовых деревьев осуществляют преимущественно сжиганием на открытом воздухе, что приводит к потере ценной органической массы, загрязнению атмосферы, деградации почвы и нарушению требований международных стандартов качества и безопасности продукции, таких как GLOBALG.A.P., предписывающих компостирование органических отходов.

В этих условиях переработка срезанных ветвей плодовых деревьев в органические удобрения (компост, биогумус) представляет собой экологически безопасную и экономически выгодную альтернативу, позволяющую замкнуть круговорот питательных веществ в аграрной системе. Однако широкое внедрение таких технологий сдерживается недостатком точных данных по образованию отходов для разных культур и типов насаждений, а также слабой проработанностью их экономического обоснования.

Целью данного исследования является комплексный анализ потенциала переработки срезанных ветвей плодовых деревьев в органические удобрения для садоводческих предприятий с оценкой экологических и экономических эффектов, а также разработка практических рекомендаций для агропредприятий.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в соответствии с тематикой научного проекта Мелитопольского государственного университета «Разработка новых и усовершенствование существующих конструкций рабочих органов машин и процессов выращивания

сельскохозяйственных культур. Для определения объемов срезанных ветвей проводились натурные измерения их весовых показателей с единицы площади в садах интенсивного типа. Были исследованы 7 сортов плодовых деревьев разного возраста (12-21 год) и схем посадки (от 4х3 м до 6х7 м). Влажность древесины срезанных ветвей во время измерения составляла в среднем 43,5%. Взвешивание проводилось непосредственно после обрезки с последующим пересчетом на 1 га.

В основу экономического и статистического анализа легли данные Росстата, ФТС России и МСХ РФ за период с 2001 по 2022 годы, а также прогнозные оценки на 2023-2025 годы, приведенные в работе [6]. Агрономическая и экономическая эффективность переработки оценивалась на основе анализа литературных данных [2, 3, 5] и расчетных методов.

Для оценки инвестиционных рисков переработке отходов применялся метод сравнительного анализа с инвестиционными проектами в садоводстве, результаты которых представлены в исследовании [6].

Результаты и их обсуждение

Результаты натурных измерений, характеризующие выход объема биомассы от срезанных ветвей с 1 гектара плодового сада, представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что выход биомассы сильно варьирует в зависимости от породы, сорта, возраста дерева и типа обрезки. Наибольшее количество отходов образуется при омолаживающей обрезке старых насаждений (слива – 238,1 ц/га, яблоня – 138,8 ц/га). При обычной формировочной обрезке интенсивных садов выход колеблется от 17,9 ц/га (груша) до 46,5 ц/га (персик). **Средний выход срезанных ветвей составил 79,6 ц/га, или 7,96 т/га.** Полученные данные являются ценным инструментом для планирования логистики и расчета мощности перерабатывающих комплексов в садоводческих предприятиях.

Таблица 1 – Весовые характеристики срезанных ветвей плодовых деревьев

№ п/п	Порода, сорт	Схема посадки	Способ обрезки	Возраст деревьев, лет	Выход биомассы, ц/га
1	Черешня Июньская ранняя	6x7	обычный	19	28,8
2	Абрикос Мелитопольский	6x7	обычный	15	25,3
3	Персик Киевский ранний	5x4	обычный	14	46,5
4	Слива Ренклод Альтана	6x3	омолаживающая	14	238,1
5	Яблоня Ренет Симиренко	4x3	омолаживающая	21	138,8
6	Яблоня Голден Делишес	4x3	омолаживающая	21	64,1
7	Груша Любимица Клаппа	6x7	обычный	12	17,9
	Среднее значение			**16,6**	**79,6**

Анализ состояния отечественного плодоводства, выполненный на основе данных [6], показывает, что несмотря на сокращение общей площади многолетних насаждений на 30.6% за последние 20 лет, объёмы производства семечковых культур выросли на 12.1%, а косточковых – на 6–10%. Этот рост был обеспечен исключительно за счет интенсификации – увеличения урожайности в новых садах. Именно в этих интенсивных садах, с которых получают урожайность 25-35 т/га и более, формируются и наибольшие объемы срезанных ветвей плодовых деревьев (7-10 т/га), подтвержденные нашими исследованиями.

При этом импортная зависимость сохраняется. В 2020 году импорт семечковых культур превысил 1 млн т, косточковых – 528 тыс. т [6]. Это создает риски для продбезопасности и указывает на необходимость повышения конкурентоспособности отечественной продукции. Одним из инструментов такой конкурентоспособности является соответствие международным стандартам GLOBALG.A.P., которые прямо предписывают устойчивую утилизацию органических отходов, исключающую сжигание.

На основе полученных данных был разработан проект организации процесса компостирования древесных отходов садоводства. Как было установлено, средний выход биомассы составляет 7,96 т/га. Для моделирования рассмотрено предприятие площадью 50 га, ежегодно образующее около 400 тонн древесных отходов.

Наиболее эффективными и доступными методами переработки срезанных ветвей являются компостирование и вермикомпостирование (получение биогумуса). Для ускорения процесса компостирования ветви необходимо предварительно измельчать до фракции 3-5 см. Для реализации данной операции был применен измельчитель МК120ТР, как модель, оптимальная по соотношению цены и производительности. Измельчитель способен работать от ВОМ трактора, что позволяет эффективно использовать его в агрегате с различными сельскохозяйственными машинами без дополнительного источника энергии и обеспечивать необходимую фракцию измельчения.

Вермикомпостирование с использованием технологических червей (например, *Eisenia fetida*) позволяет получить высококачественное органическое удобрение – биогумус. В связи с этим был проведен сравнительный анализ использования биогумуса и навоза в таблице 2.

Как видно из сравнительного анализа использования биогумуса и навоза, биогумус по агрономическим свойствам значительно превосходит традиционный навоз.

Организация процесса компостирования предусматривает следующие

этапы: измельчение срезанных ветвей плодовых деревьев, формирование компостной смеси (щепа, птичий помет, растительные остатки, вода), компостирование в течение 6 месяцев с периодическим перемешиванием и получение готового компоста.

Таблица 2 – Сравнительный анализ использования биогумуса и навоза

Показатель	**Навоз**	**Биогумус**
Семена сорняков	Да	Нет
Норма внесения на 1 сотку, кг	600-900	50-60
Обеспечение иммунитета растений	Нет	Да
Способность связывать тяжелые металлы	Нет	Да
Экологическая чистота продукции	Нет	Да
Запах	Да	Нет
Содержание органических веществ, %	до 20	до 70
Устойчивость к вымыванию полезных веществ, %	15	80
Срок увеличения гумуса в почве	12-15 лет	до 5 лет

Расчеты производственных затрат на компостирование и определение себестоимости 1 тонны компоста приведены в таблице 3.

Полученная себестоимость 1 тонны биогумуса (1895,8 руб.) является экономически обоснованной и конкурентоспособной по сравнению с рыночной стоимостью аналогичных органических удобрений, которая варьируется в пределах 2500-5000 руб./тонну в зависимости от региона и качества продукта.

Полученная себестоимость 1 тонны биогумуса (1895,8 руб.) является экономически обоснованной и конкурентоспособной по сравнению с рыночной стоимостью аналогичных органических удобрений, которая варьируется в

пределах 2500-5000 руб./тонну в зависимости от региона и качества продукта.

Таблица 3 – Расчет производственных затрат на компостирование и определение себестоимости 1 тонны компоста

Показатели	**Значение**
Затраты на измельчение срезанных веток в щепу, руб.	21 936
Затраты на компостирование смеси, руб.	8 022,75
Накладные расходы (7%), руб.	2 097,11
Всего затрат на производство компоста, руб.	32 055,86
Объем готового компоста из 1 бурта, тонн.	14,61
Себестоимость 1 тонны компоста, руб./тонна	1 895,8

Для обоснования эффективности производства и применения биогумуса на основе щепы плодовых деревьев, осуществлен расчет на примере яблони на площади 1 га. Норма внесения биогумуса принята на уровне 5 т/га (что в 10 раз меньше нормы внесения навоза), а его эффективность сохраняется в течение 3-4 лет. Согласно исследованиям, прирост урожайности от применения биогумуса составляет в среднем 65%.

Экономические показатели эффективности использования биогумуса при выращивании яблони представлены в таблице 4.

Расчеты показывают, что применение биогумуса собственного производства приводит к росту производственных затрат на 1 га на 2,8% (в основном за счет увеличения затрат на органические удобрения), однако за счет значительного повышения урожайности (на 65%) себестоимость 1 ц продукции снижается на 37,4%. В результате прибыль с 1 га увеличивается на 165,59 тыс. руб., а уровень рентабельности производства возрастает с 37,6% до 119,7%.

Ключевым барьером для внедрения является высокая первоначальная стоимость оборудования.

Таблица 4 – Экономические показатели использования биогумуса при выращивании яблони, в расчете на 1 га площади сада

Показатели	Существующая технология	Проект	Отклонение+/-	%
Урожайность, ц/га	80,0	132,0	52,0	65,0
Производственные расходы, руб./га	193 800,0	199 209,3	5 409,3	102,8
Себестоимость 1 ц продукции, руб.	2 484,5	1 556,3	-928,2	62,6
Цена реализации, руб./ц	3 420,0	3 420,0	–	100,0
Выручка от реализации, тыс. руб./га	266,7	437,7	171,0	164,1
Прибыль от реализации, руб./га	72 960,0	238 550,7	165 590,7	327,0
Уровень рентабельности производства, %	37,6	119,7	82,1	х

Расчет срока окупаемости измельчителя МК120ТР стоимостью 116 тыс. руб. показывает его высокую эффективность:

- Дополнительная прибыль с 1 га: 165 590,7 руб./га (из таблицы 4).
- Площадь для окупаемости. Для окупаемости затрат на измельчитель МК120ТР суммой в 116 000 руб. достаточно прибыли от реализации с площади: 116 000 / 165 590,7 ≈ 0,7 га.
- Срок окупаемости. При использовании измельчителя на площади 10 га ежегодная дополнительная прибыль составит около 1,66 млн руб., что делает срок окупаемости менее 1 месяца. Даже при использовании на площади 1 га инвестиции окупятся за один сезон.

Несмотря на высокую рентабельность, государственная поддержка остается важным фактором, снижающим инвестиционные риски и ускоряющим внедрение технологий. Как доказано в исследовании [6], государственные субсидии на закладку садов кардинально снижают риск убыточности проекта с 18,2% до 1,1% и повышают внутреннюю норму доходности (IRR) с 13,8% до

19,9% [6].

Наши расчеты показывают, что стоимость базового комплекта оборудования для измельчения и компостирования отходов для хозяйства площадью 100 га составляет 5-7 млн руб. Интеграция этих затрат в систему государственного софинансирования (например, в рамках подпрограммы «Развитие питомниководства и садоводства») является необходимым условием для быстрого и широкомасштабного внедрения технологий переработки.

Выводы. На основе натурных исследований установлено, что средний выход срезанных ветвей плодовых деревьев в садах интенсивного типа составляет 7,96 т/га, а общий потенциал данного ресурса в России оценивается в 3,24 млн т/год, что представляет собой значительный возобновляемый ресурс для производства органических удобрений.

1. Разработано технико-экономическое обоснование переработки древесных отходов, показывающее, что себестоимость производства 1 тонны высококачественного биогумуса составляет 1895,8 руб., что является конкурентоспособным по отношению к рыночным ценам на органические удобрения.

2. Выявлено, что применение биогумуса собственного производства позволяет повысить урожайность яблони на 65%, снизить себестоимость 1 ц продукции на 37,4% и увеличить прибыль с гектара на 165,59 тыс. руб. при уровне рентабельности 119,7%.

3. Установлена высокая окупаемость капитальных вложений в измельчительное оборудование (менее 1 сезона), что делает инвестиции в переработку высокоэффективными.

4. Ключевым фактором, снижающим инвестиционные риски и ускоряющим внедрение технологий, является государственная поддержка. Целесообразно предусмотреть субсидирование затрат на приобретение техники для измельчения и компостирования в рамках существующих программ поддержки садоводства.

5. Переход к безотходным моделям в садоводстве позволит не только получить прямой экономический эффект, но и обеспечит значительный экологический результат, способствуя переходу к устойчивому сельскому хозяйству и соответствию международным стандартам GLOBALG.A.P.

Список источников:

1. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Драгнев С.В., Баштовой А.И. Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні // Промислова теплотехніка. – 2018. – Т.40, № 6. – С. 68-74.

2. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. и др. Актуальные направления повышения эффективности промышленного плодоводства // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – № 1. – С. 28-32.

3. Караев А.И. Наукові основи створення механізованих технологічних комплексів для виробничих систем розсадництва плодових культур: автореф. дис. ... д-р. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2017. – 41 с.

4. Integrated farm assurance. All Farm Base - Crops Base - Fruit and Vegetables. Control points and compliance criteria. URL: https://www.globalgap.org/uk_en/

4. Некрасова Р.В. Тенденция развития промышленного садоводства в РФ. МСХ РФ, 2021. URL: http://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information (дата обращения: 26.08.2025).

5. Саифетдинов А.Р., Лягоскина Н.Р. Современное состояние и направления развития отечественного плодоводства в условиях реализации программы импортозамещения // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Т.65. – № 1. – С. 79-84. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_1_79.

6. Bershitsky Yu.I., Saifetdinov A.R. Economic analysis and justification of the directions of innovative development of the Krasnodar region' agroeconomics // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – P. 012029.

THE PROCESSING OF CUT BRANCHES OF FRUIT TREES INTO ORGANIC FERTILIZER: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION FOR HORTICULTURAL REGIONS

Bondarenko L.Y., *Candidate of Technical Sciences,*
Belopukhov V.N*., postgraduate student*
MelGU, Melitopol, Zaporizhia region, Russia

Abstract. *The article addresses the problem of recycling cut branches of fruit trees, a significant source of renewable biomass in horticultural regions. Traditional burning practices cause environmental damage and loss of nutrients. The objective of the work is to provide a comprehensive ecological and economic justification for recycling wood waste from gardening into organic fertilizers (compost, vermicompost) for horticultural farms. It has been proven that recycling not only solves the environmental problem, but also significantly increases the economic efficiency of gardening by reducing the costs of mineral fertilizers and recycling, generating additional income, and complying with international standards (GLOBALG.A.P.). Using economic modeling data, the high payback of agroecological investments (the payback period of a shredder is less than 1 season) and their dependence on government support measures have been proven.*

Keywords: *fruit growing, wood waste, orchard pruning, organic fertilizer, vermicomposting.*