

Балкаров Р. А., Чеченов М. М., Балкаров А. Р.

Balkarov R. A., Chechenov M. M., Balkarov A. R.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАКОПЛЕНИЯ СРЕЗАННОЙ
ПЛОДОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ИНТЕНСИВНЫХ САДАХ КБР**

**RESULTS OF STUDIES ON ACCUMULATION OF CUT FRUIT WOOD
IN INTENSIVE GARDENS OF KBR**

Ежегодная практика сбора, сжигания плодовой древесины сопряжена с большими затратами труда и средств, а продукты сжигания ветвей представляют угрозу загрязнения окружающей среды. Поэтому проблема рационального использования отчуждаемой плодовой древесины актуальна.

С целью выявления реальных запасов срезаемой древесины и разработки технологии утилизации древесных отходов проведены исследования нарастания «массы» плодовой древесины от начала формирования кроны плодовых насаждений до первой омолаживающей обрезки, а также варьирования накопления сучьев в зависимости от возраста деревьев, для чего произведён анализ валка сучьев яблони сортов: Джонатан, Голден и Ричард Делишес.

Установлено, что накопление срезанной древесины в зависимости от возраста насаждений начиная с 3-летних деревьев и до 8-летних (первая – омолаживающая обрезка) можно описать уравнением показательной функции. Рассчитаны масса накопления древесных отходов на одном гектаре сада в зависимости от возраста плодовых деревьев. Графически представлены эмпирическая и теоретическая кривые зависимости накопления сучьев по годам обрезки (возраст насаждений).

Наиболее эффективным и перспективным может быть использование срезанных ветвей в раздробленном виде для мульчирования почвы. Это позволит накопление и сохранение влаги в почве, обогащение ее органическим веществом, элементами минерального питания.

Статья представляет интерес для специалистов сельского хозяйства, научных работников, преподавателей и студентов аграрных вузов.

The essential practice of collecting and burning wood is associated with high labor and cost costs, and the products of burning branches pose a threat to environmental pollution. However, the cleaning

and disposal of cut wood material in orchards is a mandatory operation of the technological process of fruit production. Therefore, the problem of rational use of alienated fruit wood becomes urgent.

In order to identify real stocks of cut wood and develop a technology for the utilization of branches, research was carried out on the growth of the «mass» of fruit wood from the beginning of the formation of the crown of fruit plantations to the first rejuvenating pruning, as well as varying the accumulation of branches depending on the age of the trees, for which the analysis of the logging of branches of apple varieties: Jonathan, Golden and Richard Delicious.

It has been established that the accumulation of cut wood depending on the age of the plantations, starting from 3-year-old trees and up to 8-year-old trees (the first is rejuvenating pruning) can be described by the equation of the exponential function. The mass of the accumulation of branches on one hectare of the garden is calculated depending on the age of the fruit trees. The empirical and theoretical curves of the dependence of the accumulation of branches by years of pruning (age of stands) are graphically presented.

The most acceptable, simple, effective and promising can be the use of cut branches in a fragmented form for mulching the soil. This will allow the accumulation and preservation of moisture in the soil, its enrichment with organic matter, elements of mineral nutrition, improvement of agrophysical properties and, ultimately, the involvement of the alienated wood in the cycle of substances without harm to the environment.

The article is of interest to researchers, teachers and students of agricultural higher educational institutions, agribusiness specialists.

Ключевые слова: интенсивный сад, обрезка, накопление массы срезанной древесины, утилизация срезанных веток.

Key words: pruning of fruit trees, accumulation of cut wood, utilization of cut branches, removal, raking-out.

Балкаров Руслан Асланбиевич –

доктор технических наук, профессор кафедры технология обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик

Тел.: 8 903 425 00 59

E-mail: rus.balkarov.52@mailru

Чеченов Мухадин Малилович –

кандидат технических наук, доцент кафедры технология обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик

Тел.: 8 903 492 00 71

E-mail: zalik-leo@mailru

Балкаров Алим Русланович –

магистрант 1 года обучения направления подготовки 35.04.06 «Агроинженерия», ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик

Balkarov Ruslan Aslanbievich –

doctor of technical Sciences, Professor of the Department of Machine Maintenance and Repair Technology in Agro-Industrial Complex, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Tel.: 8 903 425 00 59

E-mail: rus.balkarov.52@mailru

Chechenov Mukhadin Malilovich –

candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Machine Maintenance and Repair Technology in Agro-Industrial Complex, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Tel.: 8 903 492 00 71

E-mail: zalik-leo@mailru

Balkarov Alim Ruslanovich –

1 year master's student of the direction of preparation 35.04.06 «Agroengineering», FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Введение. Регулярно проводимая обрезка плодовых деревьев является существенной предпосылкой повышения урожайности и качества плодов. В то же время отходы фитомассы при обрезке плодовых деревьев, в зависимости от возраста и биологических особенностей сорта, могут составлять от 3 до 20 и более тонн на гектар [1]. Обрезанные ветви плодовых деревьев сжигаются или сволакиваются в овраги.

Ежегодная практика сбора, сжигания плодовой древесины сопряжена с большими затратами труда и средств, а продукты сжигания ветвей представляют угрозу загрязнения окружающей среды. Поэтому проблема рационального использования отчуждаемой плодовой древесины актуальна [1].

Средняя масса 1 м³ сволакиваемой плодовой древесины равна 100-200 кг. Затраты на утилизацию срезанных ветвей 200-250 тыс. рублей [2].

В работе [3] авторы отмечают, что при сжигании ветвей, удаленных из междурядий плодовых насаждений, загрязняется атмосфера, а на отведенных для этого площадках уничтожается микрофлора. В связи с этим, в нашей стране и за рубежом начали разрабатывать различные способы

использования срезанных веток в народном хозяйстве.

Например, в следующих работах [4, 5, 6, 7] исследователи утверждают, что наиболее перспективна технология измельчения веток непосредственно в междурядьях мобильными измельчительными машинами и разбрасывание по поверхности в виде мульчи.

В настоящее время для использования веток в качестве удобрений нет научно обоснованных рекомендаций о степени их измельчения [8]. В то же время необходимо отметить, что это сказывается на энергоемкости технологического процесса.

Чем на меньшие частицы измельчают ветви, тем больше затрат энергии, тем естественно дороже и сложнее машина [9].

В связи с дефицитом сырья и возрастающей стоимостью древесины, лесоматериалов в настоящее время все большее внимание обращается на необходимость целенаправленного использования ветвей и сучьев, получаемых в результате обрезки насаждений. Во всех зонах садоводства страны этот побочный продукт сжигается. В КБР, как и в некоторых других республиках, ощущается острая нехватка древесины, используемой

для получения технологической щепы, идущей для нужд гидролизных заводов, а также необходимой в платном производстве.

Результаты исследования. С целью выявления реальных запасов срезанной древесины и разработки технологии утилизации древесных отходов проведены исследования нарастания «массы» плодовой древесины от начала формирования кроны плодовых насаждений до первой омолаживающей обрезки, а также варьирования накопления сучьев в зависимости от возраста деревьев, для чего произведён анализ валка обрезанных ветвей яблони сортов: Джонатан, Голден и Ричаред Делишес.

Расчёт накопления срезанных ветвей в междурядьях сада выполнен, начиная с 3-летнего возраста яблони, так как с указанного времени начинают работы с кроной плодового дерева с целью получения стабильных гарантированных урожаев. Эксперимент проведён на одном участке яблони на протяжении 7 лет обрезки. Схема размещения деревьев в саду – 4х3 м, форма кроны – свободно растущая пальметта.

Таблица 1 – Накопление древесных отходов в яблоневоом саду в зависимости от возраста насаждений (2010-2019 гг.)

Сорта	Масса сучьев, т/га						
	возраст деревьев						
	3	4	5	6	7	8	9
Ричаред Делишес	0,87	1,17	3,76	5,17	6,65	10,95	5,25
Голден Делишес	0,49	1,64	2,24	3,06	5,50	9,35	7,65
Джонатан	0,35	1,30	1,98	3,75	5,06	7,45	6,62

В таблице 1 приведены результаты по определению средних запасов срезанной древесины, накопленной в междурядьях сада по годам (сезонам обрезки). Установлено, что накопление срезанной древесины в зависимости от возраста насаждений, начиная с 3-летних деревьев и до 8-летних (первая – омолаживающая обрезка) подчиняется определенной зависимости. Обозначим массу сучьев, приходящихся на один гектар, через q (т/га), а возраст деревьев через k (лет). Используя методику регрессионного анализа, определяем эмпирические и теоретические ряды и их

графики – линии регрессии, т.е. криволинейные (нелинейные) ряды связи между q и k . Анализ данных показывает, что основная тенденция эмпирического ряда регрессии близка закону, который можно описать уравнением показательной функции:

$$q = a \cdot kb, \quad (1)$$

где:

a и b – параметры показательной функции. Произведём логарифмирование, что позволит трансформировать уравнение прямой линии. В данном случае имеем:

$$\lg q = \lg a + b \lg k \quad (2)$$

Определению значений параметров a и b уравнения (2) удовлетворяет система нормальных уравнений:

$$n \lg a + b \sum \lg k = \sum \lg q, \quad (3)$$

Решение системы позволяет определить формулы для a и b :

$$a = \frac{1}{D} \left[\sum \lg q \sum (\lg k)^2 - \sum (\lg k \cdot \lg q) \cdot \sum \lg k \right];$$

$$b = \frac{1}{D} \left[n \sum (\lg k \cdot \lg q) - \sum \lg k \cdot \sum \lg q \right], \quad (4)$$

где:

$$D = n \sum (\lg k)^2 - (\sum \lg k)^2.$$

Отсюда и эмпирическое уравнение массы накопления срезанной плодовой древесины в зависимости от возраста деревьев интенсивного сада яблони имеет вид:
Джонатан

$$-\lg \bar{q}_k = 3,0081 \lg k - 1,808, \quad (5)$$

Голден

$$-\lg \bar{q}_k = 2,7631 \lg k - 1,573, \quad (6)$$

Ричаред Делишес

$$-\lg \bar{q}_k = 2,6741 \lg k - 1,391. \quad (7)$$

По полученным уравнениям (5, 6 и 7) рассчитана масса накопления сучьев на одном гектаре сада в зависимости от возраста плодовых деревьев. Эмпирические и теоретические зависимости q (т/га) от k (лет) представлены на рисунке 1.

Исследования варьирования накопления сучьев в результате обрезки в зависимости от возраста насаждений выполнены на яблоне сорта Джонатан. Эксперимент проводился на протяжении девяти лет на одном и том же участке, начиная с 2010-2019 гг. (декабрь-январь), когда возраст плодовых деревьев достиг 6 лет и практически сад вступил в плодоношение. Результаты полевого эксперимента приведены в таблице 2.

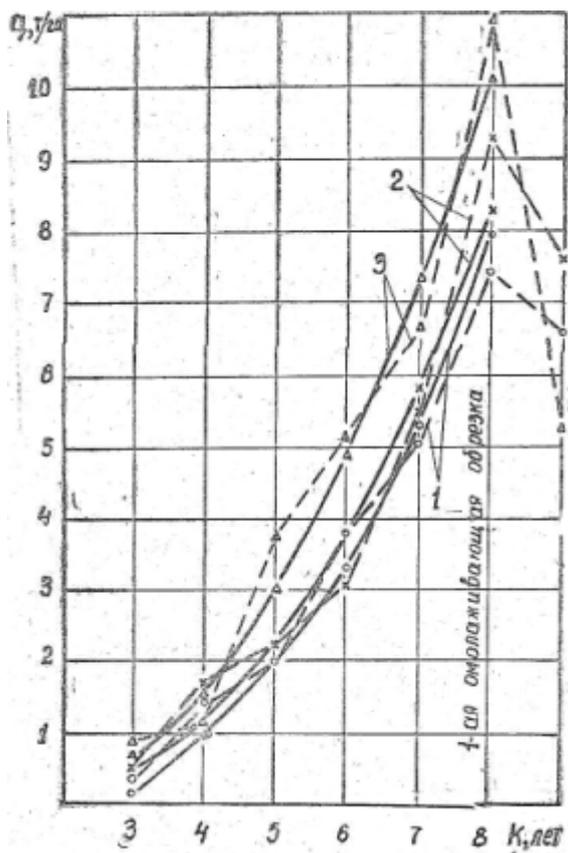


Рисунок 1 – Эмпирические и теоретические линии регрессии нарастания (накопления сучьев), т/га до 1-й омолаживающей обрезки ($k=8$ лет). Насаждения яблони, схема посадки 3×4 м. 1 – Джонатан; 2 – Голден; 3 – Ричард Делишес

Зависимость между накоплением обрезанных веток (q , т/га) и временем обрезки (k , лет) выражается уравнением параболы второго порядка [10]:

$$q_k = a + bq + cq^2. \quad (8)$$

Таблица 2 – Варьирование накопленной массы древесных отходов по годам обрезки и в зависимости от возраста плодовых деревьев в насаждениях яблони сорта Джонатан

Годы проведения эксперимента	Возраст плодовых деревьев, лет	Накопленная срезанная древесина в междурядьях сада, т/га
2010-2011	6	4,25
2011-2012	7	6,34
2012-2013	8	5,17
2013-2014	9	7,97
2014-2015	10	8,83
2015-2016	11	12,08
2016-2017	12	6,66
2017-2018	13	5,96
2018-2019	14	7,44

Чтобы найти значения параметров a , b и c необходимо решить следующую систему нормальных уравнений:

$$\begin{aligned} an + b \sum k + c \sum k^2 &= \sum q, \\ a \sum k + b \sum k^2 + c \sum k^3 &= \sum qk, \\ a \sum k^2 + b \sum k^3 + c \sum k^4 &= \sum qk^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Откуда

$$\begin{aligned} a &= A + C \frac{k^2}{i} - B \frac{k}{i}; \\ b &= \frac{B}{i} - 2C \frac{k}{i}; \\ c &= \frac{C}{i^2}, \end{aligned} \quad (10)$$

где:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{D} (\sum q \sum k^4 - \sum qk^2 \sum k^2); \\ B &= \frac{\sum qk}{\sum k^2}; \quad C = \frac{1}{D} (n \sum qk^2 - \sum q \sum k^2) \\ \text{и } D &= n \sum k^4 - (\sum k^2)^2 = \frac{n^2(n^2-1)(n^2-4)}{180} \end{aligned}$$

Подставляя значения

$$\sum qk, \sum k^2, \sum qk^2, \sum k^4,$$

находим:

$$a = -15,998; b = 4,612; c = -0,215$$

Уравнение зависимости накопления обрезанных веток от возраста плодовых деревьев приобретает вид:

$$\bar{q}_k = -15.998 + 4,612k - 0,215k^2. \quad (11)$$

Подставляя значения k в полученное уравнение параболы находим ожидаемые (теоретические) значения накопления q сучьев. Эмпирическая и теоретическая кривые зависимости \bar{q}_k от k представлены на рисунке 2.

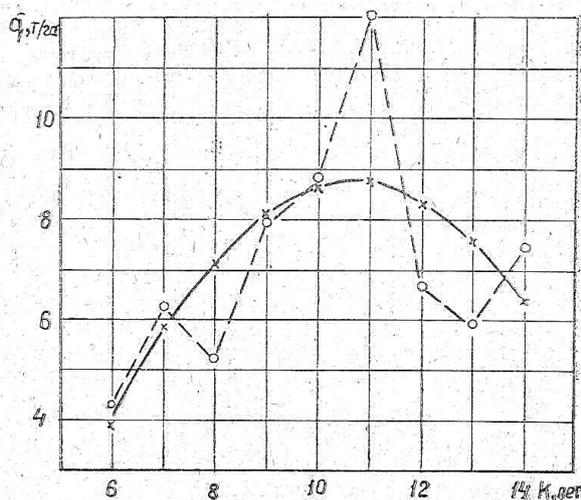


Рисунок 2 – Эмпирическая и теоретическая кривые зависимости накопления обрезанных веток по годам обрезки (возраст насаждений). Яблоня сорта Джонатан, схеме посадки 5×4 м

Область применения результатов. Изложенные общие закономерности характерны для всех регионов страны, занятых интенсивным садоводством,

Литература

1. Шوماхов Л.А. Технологические и технические решения механизации возделывания плодовых культур на террасированных склонах: дисс. на соискание докт. техн. наук в форме доклада. – М., 1996. – 90 с.
2. Балкаров Р.А. Повышение эффективности машинной технологии ухода за плодовыми деревьями на террасированных склонах. – Нальчик: КБГСХА, 2004. – 182 с.
3. Агроуказания по плодоводству для центральной части предгорий Северного Кавказа / под ред. А.К. Каирова // Кабардино-Балкарская зональная опытная станция. – Нальчик: «Эльбрус», 1985. – 142 с.

поэтому основные результаты исследований применимы практически в любых интенсивных садоводческих хозяйствах Кабардино-Балкарской республике.

Выводы. 1. Накопления срезанной плодовой древесины в междурядьях интенсивных насаждений по годам обрезки сильно отличаются.

2. Изменение накопления обрезанных веток за исследуемые периоды времени можно описать уравнением параболы второго порядка.

3. Исследования накопления обрезанных веток в междурядьях интенсивного сада в период вступления в плодоношение насаждений показывают, что нарастание массы срезанной древесины подчиняется закону показательной функции ($q = a k^b$).

4. Максимальное накопления древесных отходов получено при первой омолаживающей обрезке плодовых деревьев в возрасте 8 лет.

5. При площади интенсивных насаждений в 10,8 тыс. га, только в КБР ежегодно сжигается более 30 тыс. тонн плодовой древесины, а издержки на утилизацию срезанных ветвей составляют 200-250 тыс. рублей. Проблема утилизации срезанной древесины является актуальной и требует решения.

References

1. Shomakhov L.A. Tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniia mekhanizatsii vozdel'vaniia plodovykh kultur na terrasirovannykh sklonakh : diss. na soiskanie dokt. tekhn. nauk v forme doklada. – M., 1996. – 90 s.
2. Balkarov R.A. Povyslenie ehffektivnosti mashinnoi tekhnologii ukhoda za plodovymi dereviami na terrasirovannykh sklonakh. – Nalchik: KBGSKHA, 2004. – 182 s.
3. Agroukazaniia po plodovodstvu dlia tsentralnoi chasti predgorii Severnogo Kavkaza / pod red. A.K. Kairova // Kabardino-Balkarskaia zonalnaia opytnaia stantsiia. – Nalchik: «Ehl-bruS», 1985. – 142 s.
4. Лучков П.Г., Шوماхов Л.А., Медовник А.Н., Шوماхов А.Р. Использование древесины срезанных ветвей

яблони для мульчирования почвы в садах // Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства. – Краснодар: агрофирма «Центральная», 2001. – 114 с.

5. *Шомахов Л.А., Маремуков А.А., Щекыхачев Ю.А.* Системный анализ в горном и предгорном садоводстве // Сб. научн. трудов РАСХН. – Нальчик: «Эльбрус», 1998. – 185 с.

6. *Балкаров Р.А., Заммоев А.У.* Утилизация древесины срезанных ветвей плодовых деревьев в горном и предгорном садоводстве // Матер. регион. научн. конф. молодых ученых Горского государственного агроуниверситета «Экология южного региона». – Владикавказ, 2002. – С. 105-107.

7. *Балкаров Р.А.* Утилизация ветвей после обрезки деревьев – один из факторов максимального использования растительных ресурсов // Сб. научн. трудов РАСХН «Агроэкологогеографическое районирование мезотерриторий и адаптивно-ландшафтное размещение сельскохозяйственных культур и животных в Северо-Кавказском регионе». – Ст. Орджоникидзевская, 1997. – С. 196-197.

8. *Балкаров Р.А.* Ресурсосберегающие технологии и средства механизированного ухода за плодовыми деревьями на террасированных склонах: автореф. дис. на соискание... докт. техн. наук. – М., 2004. – 36 с.

9. Разработка и внедрение машины для подбора и измельчения обрезанных ветвей плодовых деревьев: научный отчет // СКНИИГПС; рук. *Л.А. Шомахов*; исполн.: *Р.А. Балкаров*. М.: ВНИТИЦ, 1997. 12с. № ГР 01970004951. // Инв. № 02.9.70003202.

10. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 208 с.

4. *Luchkov P.G., Shomakhov L.A., Medovnik A.N., Shomakhov A.R.* Ispolzovanie drevesiny srezannykh vetvei iabloni dlia mulchirovaniia pochvy v sadakh // Severo-Kavkazskii nauchno-issledovatel'skii institut gornogo i predgornogo sadovodstva. – Krasnodar: agrofirma «TsentralnaIA», 2001. – 114 s.

5. *Shomakhov L.A., Maremukov A.A., Shchekikhachev I.A.* Sistemnyi analiz v gornom i predgornom sadovodstve // Sb. nauchn. trudov RASKHN. – Nalchik: «EhlbruS», 1998. – 185 s.

6. *Balkarov R.A., Zammoev A.U.* Utilizatsiia drevesiny srezannykh vetvei plodovykh derev v gornom i predgornom sadovodstve // Mater. region. nauchn. konf. molodykh uchenykh Gorskogo gosudarstvennogo agrouniversiteta

«Ehkologiia iuzhnogo regionA». – Vladikavkaz, 2002. – S. 105 -107.

7. *Balkarov R.A.* Utilizatsiia vetvei posle obrezki derevев – odin iz faktorov maksimalnogo ispolzovaniia rastitelnykh resursov // Sb. nauchn. trudov RASKHN «Agroehkologogeograficheskoe raionirovanie mezoterritorii i adaptivno – landshaftnoe razmeshchenie selskokhoziaistvennykh kultur i zhivotnykh v Severo-Kavkazskom regionE». – St. Ordzhonikidzevskaia, 1997. – S. 196-197.

8. *Balkarov R.A.* Resursosberegaiushchie tekhnologii i sredstva mekhanizirovannogo ukhoda za plodovymi dereviami na terrasirovannykh sklonakh: avtoref. dis. na soiskanie dokt. tekhn. nauk. – M., 2004. – 36 s.

9. Razrabotka i vnedrenie mashiny dlia podbora i izmelcheniia obrezannykh vetvei plodovykh derevев: nauchnyi otchet // SKNIIGPS; ruk. *L.A. Shomakhov*; ispoln.: *R.A. Balkarov*. M.: VNITITS, 1997. 12s. № GR 01970004951. // Inv. № 02.9.70003202.

10. *Lakin G.F.* Biometriia. – M.: Vysshiaia shkola, 1980. – 208 s.

