

УДК 631.9:332.1 (470.64)

DOI 10.30679/2219-5335-2022-3-75-130-148

**ПОЭТАПНАЯ ОЦЕНКА  
УГЛЕРОД СЕКВЕСТРИРУЮЩЕГО  
ПОТЕНЦИАЛА САДОВ  
ИНТЕНСИВНОГО ТИПА  
ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ**

Занилов Амиран Хабидович  
канд. с.-х. наук  
директор  
e-mail: [amiran78@inbox.ru](mailto:amiran78@inbox.ru)

Нагоева Маринат Заурбиевна  
канд. с.-х. наук  
начальник отдела мониторинга  
агроэкосистем

*Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кабардино-Балкарский государственный  
университет имени Х.М. Бербекова»,  
Центр декарбонизации АПК  
и региональной экономики,  
Нальчик, КБР, Россия*

Бакуев Жамал Хажииосманович  
д-р с.-х. наук  
заместитель директора по научной работе  
e-mail: [bakuev.z@mail.ru](mailto:bakuev.z@mail.ru)

Сатибалов Аслан Владимирович  
д-р с.-х. наук  
заведующий отделом селекции  
и сортоизучения плодовых, ягодных  
и орехоплодных культур  
e-mail: [aslan-07@list.ru](mailto:aslan-07@list.ru)

*Федеральное государственное  
бюджетное научное учреждение  
«Северо-Кавказский научно-  
исследовательский институт  
горного и предгорного садоводства»,  
Нальчик, КБР, Россия*

В статье приводятся результаты оценки секвестрирующего потенциала садов интенсивного типа для последующего использования данных с целью рекомендаций по их вовлечению в агроклиматические проекты. К настоящему времени на базе имеющихся современных теоретических

UDC 631.9:332.1 (470.64)

DOI 10.30679/2219-5335-2022-3-75-130-148

**STEP BY STEP ASSESSMENT  
OF THE CARBON SEQUESTERING  
POTENTIAL OF INTENSIVE  
TYPE GARDENS  
FOR THEIR USE  
IN CLIMATE PROJECTS**

Zanilov Amiran Khabidovich  
Cand. Agr. Sci.  
Director  
e-mail: [amiran78@inbox.ru](mailto:amiran78@inbox.ru)

Nagoeva Marinat Zaurbievna  
Cand. Agr. Sci.  
Head of the Monitoring  
of Agroecosystems Department

*Federal State Budgetary  
Educational Institution  
of Higher Education  
«Kabardino-Balkarian State  
University named after H.M. Berbekov»,  
Decarbonization Center AIC  
and regional economy,  
Nalchik, KBR, Russia*

Bakuev Jamal Hadjiosmanovich  
Dr. Sci. Agr.  
Deputy Director for Scientific Work  
e-mail: [bakuev.z@mail.ru](mailto:bakuev.z@mail.ru)

Satibalov Aslan Vladimirovich  
Dr. Sci. Agr.  
Head of the Department of Selection  
and Variety Studies of Fruit, Berry  
and Nut Crops  
e-mail: [aslan-07@list.ru](mailto:aslan-07@list.ru)

*Federal State Budgetary  
Scientific Institution  
«North Caucasian Research  
Institute of Mountain  
and Foothill Gardening»,  
Nalchik, KBR, Russia*

The article presents the results of an assessment of the sequestering potential of intensive type gardens for the subsequent use of data for the purpose of recommendations on their involvement in agroclimatic projects. To date, on the basis

знаний, а также высокоточного лабораторно-аналитического оборудования ведущими учёными всего мира проводится мониторинг органического углерода. И в этом направлении достигнуты определённые результаты. Анализ исследований зарубежных учёных показывает, что многолетние насаждения обладают большим потенциалом для предоставления регулирующих экосистемных услуг, таких как возможности смягчения последствий надвигающегося изменения климата за счёт поглощения углерода многолетними насаждениями и повышения устойчивости сельскохозяйственной отрасли. Нет сомнения, что существует острая необходимость проведения тщательного поэтапного мониторинга органического углерода. В этой связи, декарбонизация приобретает стратегическую важность для агропромышленных регионов, ориентированных на интенсификацию отрасли. Для цифровой оценки углерод секвестрирующей способности необходимо использовать все возможные части дерева, фиксирующие углерод: листья, древесина основного ствола деревьев и ежегодно обрезаемых ветвей, почвенное органическое вещество, включая углерод микробной биомассы, а также конечная продукция – плоды. В данной статье представлены материалы, учитывающие объём фиксированного CO<sub>2</sub> в ветвях деревьев, подверженных ранневесенней обрезке. Дальнейшее развитие сельского хозяйства республики может быть связано с масштабным переходом отрасли растениеводства, в общем, и садоводства, в частности, на CCS-технологии (технологии улавливания и хранения углерода). Подобные исследования призваны оказать профильным специалистам помощь в составлении прогнозов относительно восприимчивости сельскохозяйственного производства к изменению климата в будущем и указать на имеющиеся возможности в преодолении возникающих проблем.

*Ключевые слова:* КЛИМАТ, ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, АГРОЭКОСИСТЕМЫ, ИНТЕНСИВНОЕ САДОВОДСТВО

of the available modern theoretical knowledge, as well as high-precision laboratory and analytical equipment, leading scientists around the world are monitoring organic carbon. And certain results have been achieved in this direction. Analysis of research by foreign scientists shows that perennial plantings have great potential for providing regulatory ecosystem services, such as the possibility of mitigating the effects of impending climate change due to carbon uptake by perennial plantings and increasing the sustainability of the agricultural industry. There is no doubt that there is an urgent need for careful step-by-step monitoring of organic carbon. In this regard, decarbonization is of strategic importance for agro-industrial regions focused on the intensification of the industry. To digitally assess the carbon sequestering ability, it is necessary to use all possible parts of the tree that fix carbon: leaves, wood of the main trunk of trees and branches cut annually, soil organic matter, including carbon of microbial biomass, as well as final products – fruits. This article presents materials that take into account the volume of fixed CO<sub>2</sub> in the branches of trees subject to early spring pruning. Further development of agriculture in the republic may be associated with a large-scale transition of the crop industry, in general, and horticulture in particular to CCS-technologies (carbon capture and storage technologies). Such studies are designed to assist specialized professionals in making forecasts regarding the susceptibility of agricultural production to climate change in the future and indicate the available opportunities in overcoming emerging problems.

*Key words:* CLIMATE, GLOBAL WARMING, CARBON DIOXIDE, AGROECOSYSTEMS, INTENSIVE GARDENING

**Введение.** Вопросы адаптации сельскохозяйственного производства к условиям меняющегося климата обозначаются всё острее из года в год. Данные исследований подтверждают, что климат региона претерпевает определённые изменения под воздействием глобальных климатических процессов [1-4], которые совпадают с характером и направлением общепланетарных проблем [5-8]. Учёные всего мира имеют общий взгляд на проблему и считают, что основная причина изменения климата – это активизация человеческой деятельности [9-15].

Главным фактором глобального потепления Земли считается растущий уровень диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ). Ключевым процессом, регулирующим температуру планеты, является парниковый эффект, возникающий в результате нагревания атмосферы тепловой энергией, удерживаемой парниковыми газами. Увеличение в атмосфере концентрации парниковых газов приводит к усилению парникового эффекта и нарушению теплового баланса Земли. Если концентрация углекислого газа в атмосфере повысится вдвое, то среднее увеличение темпов потепления составит 2...4,5 °C [16]. Климатологи доказали, что воздух у земной поверхности значительно нагрелся. С начала XX века температура выросла на 0,74 °C. Сравнение с данными середины XX столетия показало, что после 2000 года один температурный рекорд сменяет другой. Рекордными оказались три года подряд: 2014, 2015, 2016 (+0,94 °C). Такого не было за всю историю научных наблюдений за погодой [10].

Согласно модельным расчётам, если срочно не принять меры, на планете ожидается около 529 тысяч смертей в год, вызванных ухудшением питания, особенно снижением потребления овощей и фруктов. Немецкий институт экономических исследований считает, что к 2050 году изменение климата приведёт к экономическим потерям в 200 триллионов долларов [10].

Известно, что углекислый газ является важнейшим фактором формирования урожая плодовых культур. С помощью световой энергии растения в процессе фотосинтеза создают из углекислого газа и воды органические

вещества. Низкая концентрация углекислого газа может ограничивать фотосинтез, влияя на скорость реакций этого процесса. Как указывает В.Н. Меженский (2004), увеличение содержания CO<sub>2</sub> в воздухе до 0,1 % стимулирует фотосинтез и способствует повышению урожая (концентрация свыше 1 % оказывает вредное действие) [17].

Сельское хозяйство является источником выбросов почти четверти от всего объёма антропогенно образованных климатически активных газов, а по некоторым данным и свыше 30 % [11]. Поэтому негативный вклад региональных АПК должен компенсироваться усилиями по вовлечению агроэкосистем в климатические проекты, представляющие собой комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличения их поглощения [12, 18-21]. В этой связи перед мировым сообществом стоит глобальная задача по разработке и внедрению инновационных методов и технологий, направленных на очищение атмосферы от парниковых газов. Одним из таких методов является практика агролесомелиорации парковых зон, а также закладка садов, что может способствовать смягчению последствий изменения климата и адаптации к нему за счёт поглощения углерода [19]. В данном ключе роль многолетних насаждений как многофакторной динамичной системы отношений человека и природы [13, 14], оценивается более комплексно и приобретает наиболее глубокую значимость.

К поиску решений по сокращению и поглощению парниковых газов, разогревающих планету, подключаются всё больше и больше научно-исследовательских учреждений. Так, например, учёные Воронежского государственного лесотехнического университета (ВГЛТУ) предложили один из способов решения проблемы. Они выяснили, какие деревья способны максимально поглощать и депонировать двуокись углерода – газ, имеющий критическое влияние на скорость потепления климата на планете. Научный эксперимент подтвердил, что быстрорастущие тополь и берёза могут стать

наиболее перспективными растениями для создания углеродных плантаций в условиях средней полосы России [22].

Зелёные насаждения на площади 1 га поглощают за 1 ч столько углекислоты, сколько в течение этого времени выдыхают 200 человек. При образовании 1 т абсолютно сухой древесины, независимо от древесной породы, поглощается в среднем 1,83 т углекислоты и выделяется 1,32 т кислорода. Для обеспечения поглощения нормы кислорода 1 человеком в год (400 кг) необходимо иметь площадь лесов на каждого от 0,1 до 0,3 га [23].

По данным аналитического центра при правительстве России, за год наша страна эмитирует больше 1,5 млрд. т углекислого газа. За это же время леса России поглощают 395 млн. т углерода, то есть 1,5 млрд. т CO<sub>2</sub>, подсчитали эксперты Рослесинфорга [24].

Обзор литературных источников показывает, что имеется ряд научных исследований по оценке потенциала поглощения углерода деревьями в городских зелёных насаждениях, придорожных лесополосах, пастбищах, приусадебных участках [18, 19-24]. Однако в них практически отсутствуют данные по многолетним плодовым насаждениям либо информация ограничена. Между тем, в процессе поглощения углерода деревьями такой значимый фактор как садоводство, а тем более интенсивное, нельзя игнорировать.

Интенсивное садоводство в Кабардино-Балкарской Республике в настоящее время является наиболее динамично развивающимся сегментом агропромышленного комплекса. Это связано, в первую очередь, с важной ролью фруктов, являющихся источником необходимых для организма человека микро- и макроэлементов, витаминов, органических кислот и других физиологически активных веществ [2, 25]. Чем насыщеннее рацион фруктами, тем больше у организма шансов на успешное лечение многих болезней. Помимо этого, растительная еда является хорошим средством профилактики против многих болезней, повышая сопротивляемость организма к различным инфекциям, неблагоприятным воздействиям вредных факторов окружающей среды. Если в питании человека недостаёт овощей, фруктов,

ягод, то это может привести к ухудшению его самочувствия, снижению работоспособности, появлению различных заболеваний и сокращению продолжительности жизни [1].

Кабардино-Балкария многие годы является регионом интенсивного растениеводства, что позволило ей выйти на первое место в стране по валовому сбору плодово-ягодных культур [26]. Интенсивное садоводство в КБР за последние годы стало перспективным направлением бизнеса. Плодоводы республики взяли на вооружение самые передовые разработки селекционеров. Урожай садоводы получают быстро, а его качество соответствует высшему сорту по квалификации Единой экономической комиссии ООН. Это позволяет производителям попадать в ценовой премиум-сегмент и конкурировать с лучшими импортируемыми образцами яблок [1]. Дальнейшее развитие сельского хозяйства республики может быть связано с масштабным переходом отрасли растениеводства, в общем, и садоводства, в частности, на CCS-технологии (технологии улавливания и хранения углерода).

К настоящему времени на базе имеющихся современных теоретических знаний, а также высокоточного лабораторно-аналитического оборудования ведущими учёными всего мира проводится мониторинг органического углерода. И в этом направлении достигнуты определённые результаты [20, 27-29]. Анализ исследований зарубежных учёных показывает, что многолетние насаждения обладают большим потенциалом для предоставления регулирующих экосистемных услуг, таких как возможности смягчения последствий надвигающегося изменения климата за счёт поглощения углерода многолетними насаждениями и повышения устойчивости сельскохозяйственной отрасли [20, 22, 28-30]. Нет сомнения, что существует острая необходимость проведения тщательного поэтапного мониторинга органического углерода. Таким образом, цель декарбонизации агропромышленного комплекса приобретает стратегическую важность для регионов, ориентированных на глубокую интенсификацию отрасли. К таким регионам относятся все субъекты СКФО, включая Кабардино-Балкарскую республику.

По данным Росреестра на 1 января 2020 года общая площадь многолетних насаждений в Кабардино-Балкарской республике достигла 31,5 тыс. га, что позволило ей выйти на первое место в стране по валовому сбору плодовых культур [26]. Значительная часть многолетних насаждений приходится на яблоневые сады, площадь которых ежегодно возрастает (рис. 1).

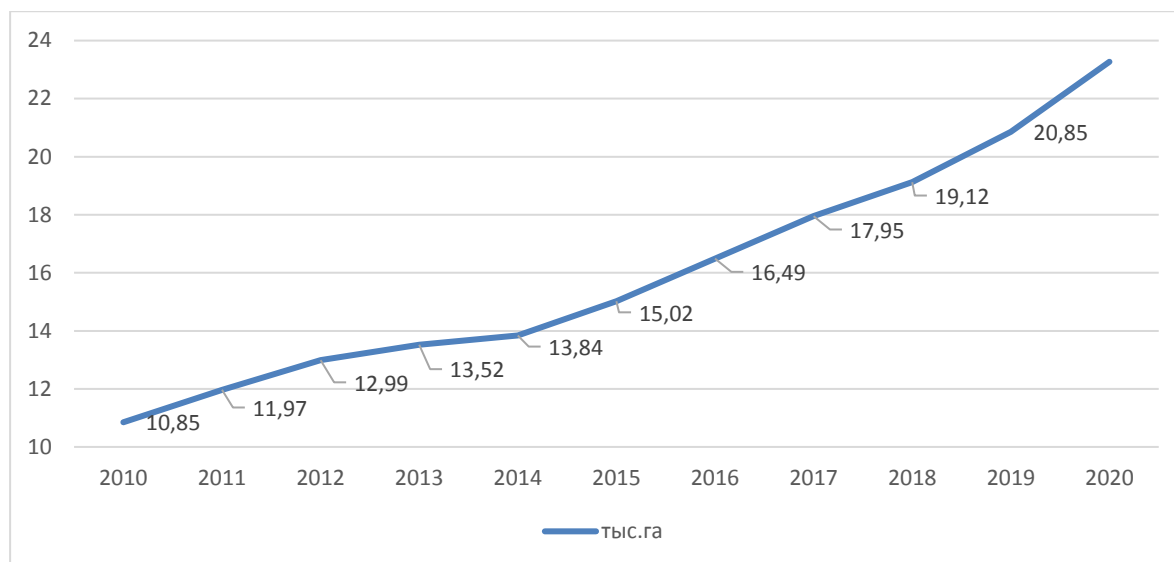


Рис. 1. Динамика площадей яблоневых садов в КБР

Целью работы является оценка секвестрирующего потенциала садов интенсивного типа с последующим использованием данных для рекомендаций по их вовлечению в агроклиматические проекты. Для проведения комплексной оценки, учитывающей вклад в углеродный баланс максимально возможного числа компонентов агроэкосистем, запланирована серия статей по результатам исследований. Для цифровой оценки углерод секвестрирующей способности будут использованы все возможные части фиксирующие углерод: образовавшиеся в течение года листья, древесина основного ствола деревьев и ежегодно обрезаемых ветвей, почвенное органическое вещество, включая углерод микробной биомассы, а также конечная продукция – плоды.

Данные исследования являются первыми из серии работ и учитывают объём фиксированного  $\text{CO}_2$  в ветвях деревьев, подверженных ранневесенней обрезке.

**Объекты и методы исследования.** Для проведения исследования структурным подразделением КБГУ им. Х.М. Бербекова – Центром декарбонизации АПК и региональной экономики был создан и зарегистрирован научно-исследовательский полигон для многолетних наблюдений по учёту баланса диоксида углерода в саду интенсивного типа.

Характеристика места проведения исследований. Расположение – Кабардино-Балкарская Республика, Черекский район, с. Аушигер (рис. 2). Общая площадь сада – 1,37 га. Координаты участка приведены в табл. 1. Дата закладки – 2020 г. Закладка произведена саженцами, выращенными по технологии книп-баум. Схема посадки 3,5 x 0,8. Сорт яблони – Эвелина, подвой – М-9.

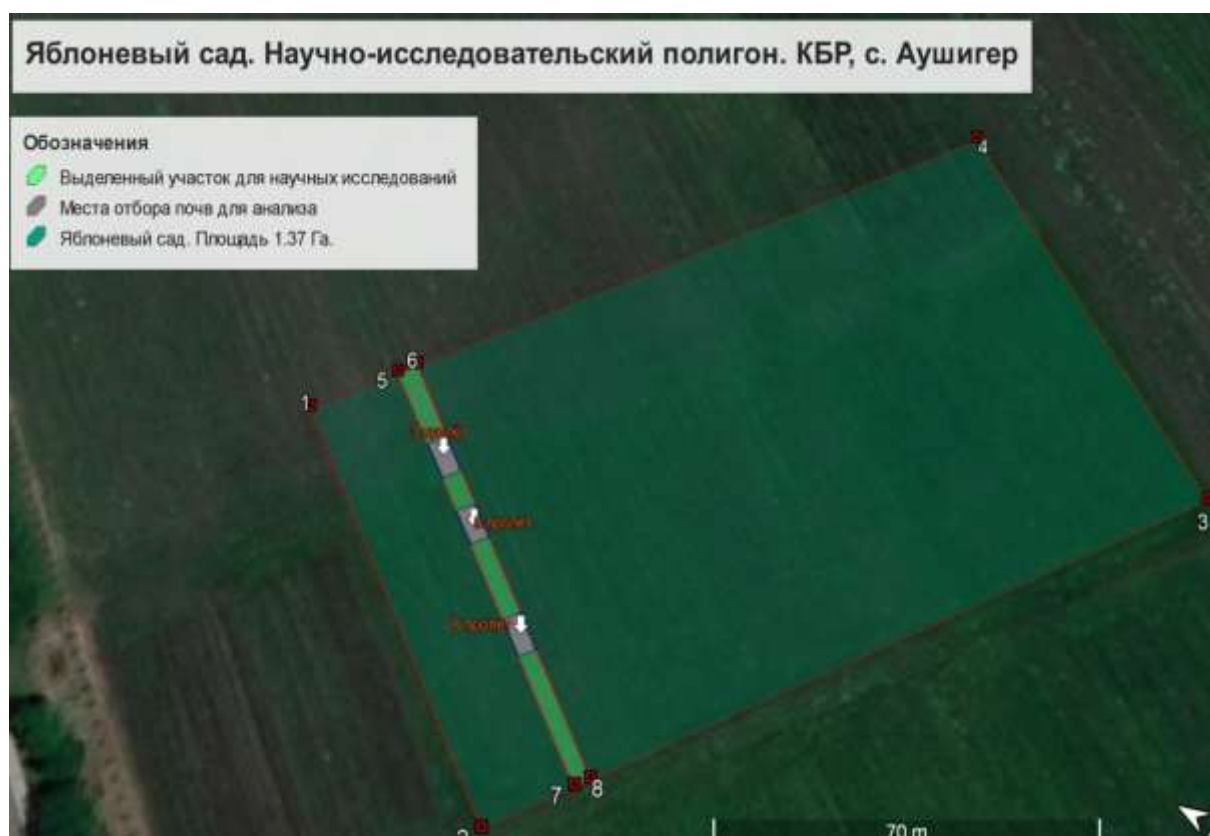


Рис. 2. Космический снимок территории научно-исследовательского полигона



Таблица 1 – Координаты научно-исследовательского полигона (яблоневого сада).

Яблоневый сад (общее поле)		Выделенный участок для проведения научных исследований (точки 5, 6, 7, 8)	
Точка 1	N43.351287° E43.685702°	Точка 5	N43.351186° E43.685888°
Точка 2	N43.350611° E43.685103°	Точка 6	N43.351164° E43.685929°
Точка 3	N43.349792° E43.686609°	Точка 7	N43.350515° E43.685282°
Точка 4	N43.350470° E43.687230°	Точка 8	N43.350498° E43.685313°

Примечание: N (широта) и E (долгота) в десятичных градусах

Точки 5, 6, 7 и 8 обозначают междурядье (6 и 7 ряды), в котором выделены участки для учёта древесной массы и отбора почвенных образцов в трёхкратной повторности – выделены серым цветом 3-й, 5-й и 8-й отсеки). В данном случае информация по отбору почвенных образцов имеет отношение к описанию космического снимка на научно-производственном участке, далее запланирована серия учётов секвестрирующего потенциала, в том числе и почвой как одного из компонентов системы «почва-растение».

Учёт ведётся на 10 деревьях, что соответствует количеству деревьев в каждом отсеке.

На участке проведён учёт массы древесины обрезанных ветвей, их влажности, определено соотношение однолетних и двухлетних веток, содержание в них углерода.

Учёт массы ветвей проводился в саду определением средней массы с 10 деревьев. Повторность опыта трёхкратная. Использовались аналитические весы RADWAGAS 220/C/2 с точностью 0,1 кг.

Влажность ветвей определялась на приборе VT-4630V при температуре 110 °C, на протяжении 10 ч.

Содержание углерода в древесном материале определялось с помощью элементного анализатора углерода и серы MultiEA 200CS, при температуре 1100 °С. Углерод (С) в элементарной форме переводится в количество CO<sub>2</sub> с учётом разницы в молярной массе (г/м) С (12) и CO<sub>2</sub> (44). Пересчётный коэффициент составляет 3,66.

Соотношение доли годичных и двухгодичных обрезанных ветвей определялось по разности в массе.

**Обсуждение результатов.** Исследованиями установлено различие в древесной массе, которое, как мы предполагаем, связано с локацией рядов (табл. 2). Наши утверждения основаны на том, что увеличение массы происходит в направлении с Северо-Востока (отсек 3) на Юго-Запад (отсек 8), которое связано с повышением количества фотосинтетически активной радиации с Юго-Западной стороны, что благоприятствует росту общей биомассы. Эти предположения находят подтверждения и в исследованиях ряда учёных, занимающихся данной тематикой [18-23 и др.].

Таблица 2 – Масса обрезанных веток

Участки	Масса веток	Соотношение массы веток 1-го и 2-го года
Отсек 3	7,60 кг	доля ветвей 1-го года – 59,5 % доля ветвей 2-го года – 40,5 %
Отсек 5	8,00 кг	
Отсек 8	8,50 кг	
Среднее	8,03 кг	

Дифференциация общей массы обрезанных ветвей была проведена с целью более точного учёта объёма фиксированного диоксида углерода, так как содержание углерода в древесной массе колеблется в зависимости от её возраста. Так же проведён отдельный учёт доли углерода в коре и самой древесине по той же причине.

Содержание углерода варьирует по всем исследуемым параметрам. Во-первых, отмечается разница в концентрации углерода в коре и древесине (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание углерода в коре и древесине

Наименование	Повторность			Среднее
Древесина 1-й год	43,4	43,1	43,1	43,2
Древесина 2-й год	40,9	41,0	40,8	40,9
Кора 1-й год	48,4	48,1	48,1	48,2
Кора 2-й год	46,2	46,4	46,3	46,3

Примечание: в связи с тем, что работа носит характер мониторинговых исследований, нет вариантов опыта, НСР не рассчитывалась

В коре содержание углерода выше, причём в первый год разница составляет 5,0 %, во второй год разрыв увеличивается до 5,4 %. Это происходит за счёт продолжающейся аккумуляции минеральных веществ в древесине. Во-вторых, доля углерода и в коре, и в древесине снижается по мере увеличения возраста. На второй год накопление минеральных веществ в коре возрастает, следовательно, снижается доля углерода на 1,9 %, в древесине – на 2,3 % (рис. 3).

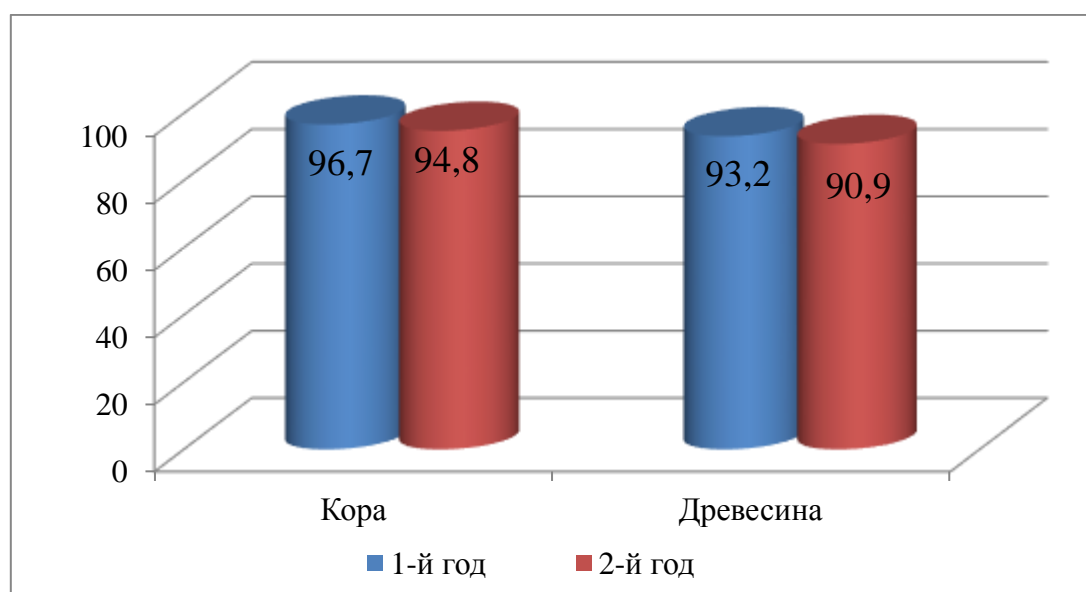


Рис. 3. Содержание углерода (%) в коре и древесине веток в зависимости от их возраста.

Для расчёта CO<sub>2</sub>-эквивалента в абсолютных величинах необходимо учесть соотношение доли кора/древесина и изначальную влажность обрезанных ветвей. В процессе анализа было выявлено, что весовая доля коры вне

зависимости от возраста ветвей варьировала в пределах 20 % (табл. 4). Но влажность незначительно снижалась в ветвях второго года и составляла 45,0 % против 46,2 % влаги в ветвях первого года. Тогда же выведено соотношение массы ветвей 1-го и 2-го года, которое составило 59,5 и 40,5 % соответственно.

Таблица 4 – Расчёт CO<sub>2</sub>-эквивалента в обрезанных ветвях плодовых деревьев

Расчёт для ветвей 1-го года		Расчёт для ветвей 2-го года	
Средняя масса ветвей, кг/ дерево	0,803	Средняя масса ветвей, кг/ дерево	0,803
Общая масса ветвей, кг/га, с учётом густоты посадки	2891	Общая масса ветвей, кг/га, с учётом густоты посадки	2891
Масса ветвей 1-го года (кг/га) с учетом доли 59,5 %	1720,1	Масса ветвей 2-го года (кг/га), с учетом доли 40,5 %	1170,9
Влажность, %	46,2%	Влажность, %	45,0
Абсолютно сухая масса ветвей, кг	925,4	Абсолютно сухая масса ветвей, кг	644,0
Масса коры (кг), с учётом её доли в 20 %	185,1	Масса коры (кг), с учётом её доли в 20 %	128,8
Масса древесины (кг), с учётом доли в 80 %	740,3	Масса древесины (кг), с учётом доли в 80 %	515,2
Содержание углерода в коре, кг/га	89,2	Содержание углерода в коре, кг/га	59,6
Масса CO <sub>2</sub> -эквивалента в коре, кг/га (пересчётная единица 3,66).	319,7	Масса CO <sub>2</sub> -эквивалента в коре, кг/га (пересчётная единица 3,66).	210,7
Содержание углерода в древесине, кг/га	408,9	Содержание углерода в древесине, кг/га	270,3
Масса CO <sub>2</sub> -эквивалента в древесине, кг/га (пересчётная единица 3,66).	1496,6	Масса CO <sub>2</sub> -эквивалента в древесине, кг/га (пересчётная единица 3,66).	989,3
<b>Суммарная масса фиксированного ветвями CO<sub>2</sub>-эквивалента, кг/га</b>		<b>2485,9</b>	

Диаграмма, представленная на рисунке 4, демонстрирует повышенную фиксацию диоксида углерода обновляющимися ветвями. Так секвестрирующая способность ветвей 1-го года на 33,4 % выше, чем ветвей второго года, что позволяет прогнозировать рост секвестрации диоксида углерода ветвями в последующие годы функционирования сада.

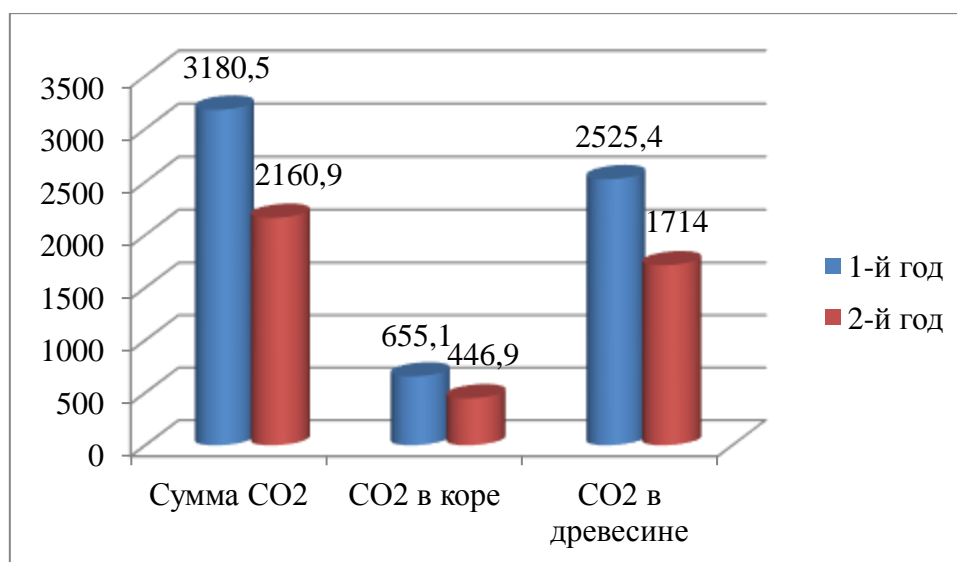


Рис. 4. Масса фиксированного CO<sub>2</sub>-эквивалента в зависимости от структуры ветвей кг/га.

Данные расчёты позволяют рассматривать интенсивные сады как мощный инструмент углерод секвестрирующей индустрии аграрно-развитых регионов. Особенно это актуально для таких регионов, чьи возможности по расширению лесных массивов территориально ограничены. К таким регионам относятся практически все субъекты Северо-Кавказского федерального округа.

В настоящее время развивается рынок «углеродных единиц», который предусматривает реализацию углекислого газа не в виде товара, помещённого в физическую ёмкость, подлежащая транспортировке. Объём CO<sub>2</sub> связанный в компонентах агроэкосистем (в том числе древесине и почвах), проходит процесс верификации (подтверждения расчётов) аккредитованными компаниями. После чего рассчитанный объём CO<sub>2</sub> регистрируется в виде углеродных единиц на лицо, секвестрировавшее CO<sub>2</sub> и может быть выведено на биржу для реализации. Основными покупателями выступают углеродоёмкие производства и предприятия.

При условии верификации соответствующими структурами углеродных единиц стоимость 2,485 т/га CO<sub>2</sub> в денежном выражении может быть равна в 195 евро (рис. 5) при текущем курсе фьючерсов CO<sub>2</sub> (на 14.03.22).



Рис. 5. Стоимость фьючерсов CO<sub>2</sub> на международной бирже в пересчёте на 1 тонну [31].

Несмотря на приведённые расчёты и оптимистические данные о возможности использования садов интенсивного типа в агроклиматических проектах, предстоит дать ответ на ряд важных вопросов. И главный из них – какой окажется судьба обрезанных ветвей и, следовательно, секвестрированного в них диоксида углерода в дальнейшем. Обычно обрезанные сучья, ветки и побеги собираются и сжигаются. Продукты сгорания, загрязняющие воздух, представляют собой весьма токсичные соединения для растений. Токсическое действие зависит от концентрации вредного вещества и длительности его воздействия. Признаками повреждения могут быть: аккумуляция вредных веществ в растении, сдвиги pH на поверхности побегов и в тканях, пониженная или, наоборот, повышенная активность определенных ферментов, распад хлорофилла, депрессия фотосинтеза, изменения в белковом обмене и во вторичном метаболизме, нарушения роста и, наконец, изменения проницаемости и паралич замыкающих клеток [13]. У деревьев нарушается механизм всасывания воды и водный режим, листья опадают, верху-

шечные побеги засыхают. При менее сильном повреждении деревья не погибают, но заметно снижаются их прирост и продуктивность. Иногда физиологические повреждения не сопровождаются внешними изменениями. Обычно признаки поражения растений токсичными элементами выражаются в некрозе края листа, побурении листьев, уродливых формах роста, скручивании, а также в виде химических ожогов. У поражённых растений снижается общая устойчивость к засухе, холоду, болезням и вредителям [32].

С целью ограничения возврата в атмосферу связанного в древесине углекислого газа работы по вывозу ветвей из сада с последующим их сжиганием должны быть исключены. Рекомендуется применять специализированную технику – садовые измельчители с последующим использованием приёмов ускоренного вовлечения рушенной древесины в процесс гумусообразования. Для этого на поверхность почвы в междурядьях вносятся консорциумы агрономически ценных групп микроорганизмов, позволяющие ускорить деструкцию первичного органического вещества и вовлечь продукты распада в синтез более стабильных органических соединений.

Последующая работа будет направлена на проведение оценки эффективности агротехнических приёмов по вовлечению древесного материала в процесс гумусообразования и влияния на накопление органического вещества почвы.

**Выводы.** Результаты проведённых исследований свидетельствуют о высоком потенциале интенсивных садов для расширения их функций от классических агропродовольственных и социально-экономических до агроклиматических. Вклад многолетних насаждений в аграрной отрасли может быть оценён как с точки зрения снижения негативного влияния погодноклиматических рисков на отрасль в целом и сохранения устойчивости её развития, так и с точки зрения извлечения дополнительной прибыли владельцами многолетних насаждений. Объём извлечённого парникового углекислого газа из атмосферы ветвями яблонь на территории КБР 1-го

и 2-го годов составляет не менее 124285 тонн. Следует учесть, что расчёт производится в саду, не вступившим в полное плодоношение и имеющим значительный потенциал для дальнейшего накопления древесной массы.

При условии разработки технологий, ограничивающих возврат секвестрированного диоксида углерода древесной массой плодовых культур в атмосферу, можно говорить о финансовой эффективности проводимых мероприятий. Только на этапе ранневесенней обрезки деревьев (как первого элемента технологических работ в саду с начала сезона) с учётом имеющихся площадей в Кабардино-Балкарской республике (более 20 тыс. га) финансовый эквивалент от потенциальной углерод секвестрирующей деятельности яблоневых садов интенсивного типа можно минимально оценить в 4537650 евро.

Многолетние насаждения способны максимально поглощать и депонировать двуокись углерода – газ, имеющий критическое влияние на скорость потепления климата на планете. Закладка садов способствует смягчению последствий изменения климата и адаптации к нему за счёт поглощения углекислого газа. В контексте поглощения углерода стабильность экосистем оценивается высоко. В данном ключе роль многолетних плодовых насаждений как многофакторной динамичной системы отношений человека и природы, оценивается более комплексно и приобретает наиболее глубокую значимость.

#### Литература

1. Сатибалов А.В., Бакуев Ж.Х., Гаглоева Л.Ч., Нагудова Л.Х. Особенности фенологии плодовых культур в условиях Северного Кавказа в связи с изменением климата // Проблемы развития АПК региона. № 1 (25). 2016. С. 72-76.
2. Сатибалов А.В. Влияние глобального потепления на региональный климат и его последствия для плодовых культур [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69(3). С. 101-122. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/03/09.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122 (дата обращения: 21.04.2022).
3. Сатибалов А.В. Особенности фенологии яблони в условиях предгорий Кабардино-Балкарии в связи с глобальным изменением климата // Влияние изменения климата на биологическое разнообразие и распространение вирусных инфекций в Евразии. Махачкала: ДГУ, 2021. С. 34-40.
4. Сатибалов А.В. Агроэкологические аспекты формирования сортимента семечковых культур в предгорном садоводстве Северного Кавказа : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.08 / Сатибалов Аслан Владимирович. Махачкала, 2018. 378 с.



5. Ratna Rai, Soni Joshi, Sumana Roy, Omveer Singh, Malay Samir and Anil Chandra G. B. Implications of Changing Climate on Productivity of Temperate Fruit Crops with Special Reference to Apple // Journal of Horticulture. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar – 263145, U.S. Nagar, Uttarakhandi Horticulture ISSN: 2376-0354 Horticulture, an open access journal. 2015. – V. 2. I.2.
6. Singh H.P. Impact of climate change on horticultural crops // Challenges of Climate Change-Indian Horticulture, Westville Publishing House, New Delhi. 2010. – P. 1-8.
7. Wallace S. Broecker. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? [Электронный ресурс] Science, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975). P. 460-463 Published by: American Association for the Advancement of Science Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>
8. Else M. Climate change impacts on UK top and soft fruit production // Outlook Agric. 2010. – P. 257-262.
9. Nim A. Global warming, the problems and possible solutions. University of Oxford OXI 4JD Merton College, Merton Street. Oldroyd N., 2015. – P. 208-210.
10. Глобальное потепление климата в России и мире: что это такое, причины, последствия и пути решения проблемы [Электронный ресурс] URL: <https://cleanbin.ru/problems/global-warming?yclid=1349444158622573996>
11. Гриднева Т.Т Эмиссия вредных газов при производстве молочной продукции. Вестник ВНИИМЖ. №4(8). 2012. С. 61-69.
12. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47013/page/1>
13. Дорошенко Т.Н. Плодоводство с основами экологии. Учебник. Краснодар: КубГАУ, 2002. 274 с.
14. Дорошенко Т.Н., Захарчук Н.В., Рязанова Л.Г. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России: монография. Краснодар: КубГАУ, 2010. 131 с.
15. Проскураков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Алматы: LEM, 2012. 228 с.
16. <http://www.un.org/ru/climatechange>
17. Меженский В.Н. Континентальный климат и садоводство. 2004. [Электронный ресурс] <http://designshark.org/book/43-kontinentalnyj-klimat-i-sadovodstvo>
18. Mahajan D.M. Carbon Sequestration Potential of Urban Green Spaces (PMC Gardens) in Pune City, India // Journal of Geography Environment and Earth Science International, 25(6). 2021. – P. 22-38.
19. Shafiqul B. Md., Abubakar M.B., Rahman M.S. Carbon sequestration potentiality and its economic analysis of different land use systems in the northern part of Bangladesh / Bari Md. Shafiqul, M.B. Abubakar, M.S. Rahman. – 2018. V 21, № 3(1). P. 41-45.
20. Tsedeke R.E., Dawud S.M., Tafere S.M. Environmental Systems Research // Assessment of carbon stock potential of parkland agroforestry practice: the case of Minjar Shenkora; North Shewa, Ethiopia. 2021. V 10, № 2.
21. Chave J., Condit R., Aguilar S., Hernandez A., Lao S., Perez R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2004. – 359:409-420.
22. Выявлены деревья, эффективно поглощающие углекислый газ // Центр ФОБОС. 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://www.meteo vesti.ru/news/63773353004-vyavleny-derevy-effektivno-pogloschayuschie-uglekislyj-gaz/>
23. Куликова М. Какое дерево выделяет больше кислорода? // Живой лес [Электронный ресурс] URL: <https://givoyles.ru/articles/nauka/kakoe-derevo-vydelyaet-bolshe-kisloroda/>
24. Дуэль А. Углеродный след идёт лесом. [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2021/04/27/eksperty-podschitali-sebestoimost-pogloshcheniia-lesom-ugleroda.html/>
25. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки / Н.И. Савельев [и др.] Мичуринск: ГНУ ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии, 2004. 124 с.

26. Бюллетень «Площади, валовой сбор и урожайность многолетних насаждений в Российской Федерации в 2020 году». <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
27. Rahayu S., Lusiana B. Above ground carbon stock assessment for various land use systems in Nunukan, East Kalimantan. Carbon Stock Monitoring in Nunukan, East Kalimantan: a spatial and modelling approach. World Agroforestry Centre SE Asia, Bogor. 2005. – P. 21-34.
28. Gebrewahid Y., Tekla K., Birhane E. Carbon stock potential of scattered trees on farmland along an altitudinal gradient in Tigray, Northern Ethiopia. Ecol Process 2018. 7(40). P. 2-8.
29. Purves D., Pacala S. Predictive models of forest dynamics. Science. 2008. 320. P. 1452-1453.
30. Jandl R. et al. Carbon sequestration and forest management. CAB Reviews. 2007. 2(017). P. 1-16.
31. <https://ru.investing.com/commodities/carbon-emissions>
32. Сатибалов А.В. Влияние антропогенного воздействия на горные агробиоценозы [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 20(2). С. 31-46. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/13/02/04.pdf>. (дата обращения: 21.04.2022).

### References

1. Satibalov A.V., Bakuev Zh.H., Gagloeva L.Ch., Nagudova L.H. Osobennosti fenologii plodovykh kul'tur v usloviyakh Severnogo Kavkaza v svyazi s izmeneniem klimata // Problemy razvitiya APK regiona. № 1 (25). 2016. S. 72-76.
2. Satibalov A.V. Vliyanie global'nogo potepeniya na regional'nyy klimat i ego posledstviya dlya plodovykh kul'tur [Elektronnyy resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. № 69(3). S. 101-122. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/03/09.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122 (data obrashcheniya: 21.04.2022).
3. Satibalov A.V. Osobennosti fenologii yabloni v usloviyakh predgorij Kabardino-Balkarii v svyazi s global'nym izmeneniem klimata // Vliyanie izmeneniya klimata na biologicheskoe raznoobrazie i rasprostraneniye virusnykh infekcij v Evrazii. Mahachkala: DGU, 2021. S. 34-40.
4. Satibalov A.V. Agroekologicheskie aspekty formirovaniya sortimenta semechkovykh kul'tur v predgornom sadovodstve Severnogo Kavkaza : dis. ... d-ra s.-h. nauk : 06.01.08 / Satibalov Aslan Vladimirovich. Mahachkala, 2018. 378 s.
5. Ratna Rai, Soni Joshi, Sumana Roy, Omveer Singh, Malay Samir and Anil Chandra G. B. Implications of Changing Climate on Productivity of Temperate Fruit Crops with Special Reference to Apple // Journal of Horticulture. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar – 263145, U.S. Nagar, Uttarakhandi Horticulture ISSN: 2376-0354 Horticulture, an open access journal. 2015. – V. 2. I.2.
6. Singh H.P. Impact of climate change on horticultural crops // Challenges of Climate Change-Indian Horticulture, Westville Publishing House, New Delhi. 2010. – P. 1-8.
7. Wallace S. Broecker. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? [Elektronnyy resurs] Science, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975). P. 460-463 Published by: American Association for the Advancement of Science Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>
8. Else M. Climate change impacts on UK top and soft fruit production // Outlook Agric. 2010. – P. 257-262.
9. Nim A. Global warming, the problems and possible solutions. University of Oxford OXI 4JD Merton College, Merton Street. Oldroyd N., 2015. – P. 208-210.
10. Global'noe poteplenie klimata v Rossii i mire: chto eto takoe, prichiny, posledstviya i puti resheniya problemy [Elektronnyy resurs] URL: <https://cleanbin.ru/problems/global-warming?yclid=1349444158622573996>

11. Gridneva T.T Emissiya vrednyh gazov pri proizvodstve molochnoj produkcii. Vestnik VNIIMZh. №4(8). 2012. S. 61-69.
12. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47013/page/1>
13. Doroshenko T.N. Plodovodstvo s osnovami ekologii. Uchebnik. Krasnodar: KubGAU, 2002. 274 s.
14. Doroshenko T.N., Zaharchuk N.V., Ryazanova L.G. Adaptivnyj potencial plovodovyh rastenij yuga Rossii: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2010. 131 s.
15. Proskuryakov M.A. Hronobiologicheskij analiz rastenij pri izmenenii klimata. Almaty: LEM, 2012. 228 s.
16. <http://www.un.org/ru/climatechange>
17. Mezhenkij V.N. Kontinental'nyj klimat i sadovodstvo. 2004. [Elektronnyj resurs] <http://designshark.org/book/43-kontinentalnyj-klimat-i-sadovodstvo>
18. Mahajan D.M. Carbon Sequestration Potential of Urban Green Spaces (PMC Gardens) in Pune City, India // Journal of Geography Environment and Earth Science International, 25(6). 2021. – P. 22-38.
19. Shafiqul B. Md., Abubakar M.B., Rahman M.S. Carbon sequestration potentiality and its economic analysis of different land use systems in the northern part of Bangladesh / Bari Md. Shafiqul, M.B. Abubakar, M.S. Rahman. – 2018. V 21, № 3(1). P. 41-45.
20. Tsedeke R.E., Dawud S.M., Tafere S.M. Environmental Systems Research // Assessment of carbon stock potential of parkland agroforestry practice: the case of Minjar Shenkora; North Shewa, Ethiopia. 2021. V 10, № 2.
21. Chave J., Condit R., Aguilar S., Hernandez A., Lao S., Perez R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2004. – 359:409-420.
22. Vyyavleny derev'ya, effektivno pogloshchayushchie uglekislyj gaz // Centr FO-BOS. 2021. [Elektronnyj resurs] URL: <https://www.meteovesti.ru/news/63773353004-vyavleny-derevya-effektivno-pogloshchayushchie-uglekislyj-gaz/>
23. Kulikova M. Kakoe derevo vydelyaet bol'she kisloroda? // Zhivoj les [Elektronnyj resurs] URL: <https://givoyles.ru/articles/nauka/kakoe-derevo-vydelyaet-bolshe-kisloroda/>
24. Duel' A. Uglerodnyj sled idyot lesom. [Elektronnyj resurs] URL: <https://rg.ru/2021/04/27/eksperty-podschitali-sebestoimost-pogloshcheniia-lesom-ugleroda.html/>
25. Biohimicheskij sostav plodov i yagod i ih prigodnost' dlya pererabotki / N.I. Savel'ev [i dr.] Michurinsk: GNU VNIIGiSPR im. I.V.Michurina Rossel'hozakademii, 2004. 124 s.
26. Byulleten' «Ploshchadi, valovoj sbor i urozhajnost' mnogoletnih nasazhdenij v Rossijskoj Federacii v 2020 godu». <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
27. Rahayu S., Lusiana B. Above ground carbon stock assessment for various land use systems in Nunukan, East Kalimantan. Carbon Stock Monitoring in Nunukan, East Kalimantan: a spatial and modelling approach. World Agroforestry Centre SE Asia, Bogor. 2005. – P. 21-34.
28. Gebrewahid Y., Teka K., Birhane E. Carbon stock potential of scattered trees on farmland along an altitudinal gradient in Tigray, Northern Ethiopia. Ecol Process 2018. 7(40). R. 2-8.
29. Purves D., Pacala S. Predictive models of forest dynamics. Science. 2008. 320. R. 1452-1453.
30. Jandl R. et al. Carbon sequestration and forest management. CAB Reviews. 2007. 2(017). R. 1-16.
31. <https://ru.investing.com/commodities/carbon-emissions>
32. Satibalov A.V. Vliyanie antropogennogo vozdejstviya na gornye agrobiocenozy [Elektronnyj resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2013. № 20(2). S. 31-46. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/13/02/04.pdf>. (data obrashcheniya: 21.04.2022).