

**АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПЛОДОВОДСТВА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

© 2021

Антипенко М.И.¹, Минин А.Н.¹, Петрова А.Б.², Кавеленова Л.М.²¹*Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулёвские сады»
(г. Самара, Российская Федерация)*²*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
(г. Самара, Российская Федерация)*

Аннотация. Плодово-ягодная продукция, которая ранее воспринималась как приятная добавка к основному рациону, сегодня рассматривается как ведущий компонент здорового питания, источник разнообразных витаминов, минеральных веществ, биологически активных вторичных метаболитов растений, представляющих компоненты функциональных пищевых продуктов. До настоящего времени среднестатистическое потребление свежих фруктов населением нашей страны остается недостаточным, преобладание в рационе импортных плодов не прекратилось. В Самарской области хозяйства населения, а не промышленные сады, для которых сохраняется однозначное преобладание яблони, остаются для Самарской области основными производителями плодовой продукции косточковых культур (вишен, слив, абрикосов и др.), а также малины. Дальнейшее развитие регионального плодводства в Самарской области имеет несомненные перспективы. При наличии особенностей погоды, негативно влияющей на развитие плодовых, климат области характеризуется достаточным уровнем теплообеспеченности, в ее почвенном покрове представлены локалитеты, пригодные для возделывания плодовых культур, а их сортимент, рекомендованный для Среднего Поволжья как региона допуска, достаточно разнообразен и продолжает расширяться. Авторами статьи, с использованием материалов иностранных научных публикаций, продемонстрированы примеры используемого в современной литературе анализа процессов, сочетающего экологический и экономический подходы, применительно к деятельности агроэкосистем (экологический след EF, углеродный след CF и водный след WF). Применение пока не получивших широкого распространения среди отечественных специалистов подходов к оценке водного и углеродного следа агроэкосистем открывает перспективы для анализа существующих условий и выработки стратегии эколого-экономического развития регионального плодводства.

Ключевые слова: плодовые культуры; региональное плодводство; сортимент косточковых и малины; Государственный реестр селекционных достижений; экологизация агроценозов; экологический след; водный след; карбоновый след агроценозов.

**ECOLOGICAL ASPECTS OF REGIONAL FRUIT PRODUCTION DEVELOPMENT
IN THE SAMARA REGION**

© 2021

Antipenko M.I.¹, Minin A.N.¹, Petrova A.B.², Kavelenova L.M.²¹*Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhigulevskie Sady» (Samara, Russian Federation)*²*Samara National Research University (Samara, Russian Federation)*

Abstract. Fruits and berries previously perceived as a pleasant addition to the main human meal are considered today as a leading component of a healthy diet, a source of various vitamins, minerals, biologically active secondary plant metabolites, which are components of functional food products. Until now, the per capita consumption of fresh fruits by the population of our country remains insufficient, the predominance of imported fruits in the diet has not stopped. In the Samara Region private gardens rather than industrial orchards (for which the unambiguous predominance of the apple tree is inherent) remain the main producers of fruits (cherries, plums, apricots, etc.) and raspberries. Further development of regional fruit growing in the Samara Region has undoubted prospects. In the presence of weather features that negatively affect the development of fruit crops, the climate of the region is characterized by a sufficient level of heat supply, localities suitable for fruit crops cultivation are presented in its soil cover, and their assortment recommended for the Middle Volga region is quite diverse and continues to expand. The authors of the paper using materials from foreign scientific publications demonstrated examples of the analysis of processes used in modern literature that combines ecological and economic approaches in relation to agroecosystems activities (ecological footprint EF, carbon footprint CF and water footprint WF). The use of approaches to assessing the water and carbon footprint of agroecosystems, which have not yet become widespread among specialists in our country, opens up prospects for analyzing the existing conditions and developing a strategy for ecological and economic extension of regional fruit growing.

Keywords: fruit crops; regional fruit growing; assortment of stone fruits and raspberries; State register of breeding achievements; agroecosystems ecologization; ecological footprint; water footprint; carbon footprint of agroecosystems.

Введение

Плодоводство, которое представляет собой одну из наиболее древних отраслей сельского хозяйства, поставляет человеку плоды многолетних растений, употребляемые в пищу свежими либо в переработанном виде. К плодоводству тесно примыкают ягодоводство, виноградарство и другие направления возделывания человеком древесных, кустарниковых и ягодных растений [1, с. 10; 2, с. 5; 3, с. 4]. Плодово-ягодная продукция, которая ранее воспринималась как приятная добавка к основному рациону, в последние годы рассматривается как важнейший компонент здорового питания, ведущий источник широкого спектра витаминов, минеральных веществ, биологически активных вторичных метаболитов растений, пищевых волокон (например, [4, с. 275–289; 5, с. 227–251; 6, с. 15–18]. Согласно принятым рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, в год каждому человеку необходимо потреблять 100 кг свежих фруктов, в том числе: яблок – 50 кг, груш и косточковых – по 8 кг, ягод – 7 кг, винограда и цитрусовых – по 6 кг, прочих фруктов – 5 кг, сухофруктов в пересчете на свежие фрукты – 10 кг [7]. Фактически же среднестатистическое потребление свежих фруктов остается недостаточным (например, в 2017 г. составило 59 кг), с преобладанием в рационе импортных плодов. Это делает снижение импортозависимости нашей страны относительно плодово-ягодной приоритетным направлением государственной аграрной политики [8, с. 15]. На территории современной Самарской области до сих пор произрастают дикорастущие плодовые растения (яблоня лесная, вишня кустарниковая, слива степная, малина, ежевика и др.), здесь же более двух столетий возделываются разнообразные сорта плодовых и ягодных культур [9, с. 240]. К традиционно лидировавшим в местных садах яблоням, вишням, дополнявшим их грушам, сливам, малине, крыжовнику, смородине, землянике в последние годы добавились абрикос, облепиха, арония, жимолость, хеномелес, орех грецкий. Это расширяющееся разнообразие плодовых культур в полной мере присутствует в частных садах (хозяйствах населения) [10, с. 80–86; 11, с. 361–365], промышленные же сады на территории области все еще имеют ограниченное распространение и менее широкий ассортимент при однозначном преобладании яблони как главной плодовой культуры [12, с. 19–26]. В результате не промышленные сады, а хозяйства населения остаются для Самарской области основными производителями плодовой продукции (рис. 1).

Рассматривая с позиций биоклиматического районирования природные условия Самарской области и соседних с нею регионов, можно отметить следующее. По среднесезонным данным, суммы положительных температур воздуха выше 10°C, обеспеченные на 90%, для Самарской области составляют 2225, для сопредельных регионов равны: Саратовской области – 2475, Ульяновской области 2025, Республики Татарстан – 1860, Оренбургской области – 2320; продолжительность периода с температурой воздуха выше 10°C, обеспеченная на 90%, для этих регионов равна: для Самарской области – 127 дней, Саратовской области – 133, Ульяновской области –

122, Республики Татарстан – 114, Оренбургской области – 130 [14, с. 157–171]. Вспомним, что по критерию суммы положительных температур воздуха выше +10°C регионы с показателями от 1500 по 2500°C относятся к группе с достаточной теплообеспеченностью, в которую из 85 субъектов РФ включены 47 [14, с. 157–171]. К сожалению, достаточная обеспеченность теплом в нашем регионе сочетается с выраженностью часто повторяющихся жарких и засушливых условий, которые могут наступать в любые сроки внутри вегетационного периода, различаться по длительности и мере экстремальности [15, с. 30–35]. Развитие древесных и кустарниковых растений – плодовых культур – в Самарской области в отдельные годы также затрудняют экстремально низкие зимние температуры, раннеосенние и позднеосенние заморозки, засушливые осенние условия, малоснежные зимы, наблюдаемые на фоне явно возросшей в последние годы непредсказуемости погодных условий региона и РФ в целом. Выполненный ранее Г.И. Семенович и Т.А. Салминой для Самарской (Куйбышевской) области детальный анализ пригодности почвогрунтов и местоположений с позиций их пригодности для разведения садов позволил выявить условия, удовлетворяющие потребностям плодовых культур [16, с. 33–73]. Для этой ценной информации регионального характера, с учетом прошедших сорока лет, в настоящее время желательнее дополнение сведений о современном состоянии почвенного покрова под существующими садовыми агроценозами и перспективными для их создания участками.



Рисунок 1 – Вклад хозяйств населения и сельскохозяйственных организаций в производство плодовой продукции – валового сбора плодов, ягод и винограда – в Самарской области (построено по данным [13])

Тем не менее плодоводство в Самарской области, в том числе промышленное, имеет несомненные перспективы дальнейшего развития, которые следует рассматривать с позиций устойчивого развития, с учетом современных эколого-экономических подходов, пока не получивших широкого распространения в отечественной научной литературе.

Целью нашей работы является рассмотрение актуальных аспектов экологизации в развитии регионального плодового хозяйства. Поставленные нами задачи включали анализ существующего российского сортамента важнейших плодовых культур (косточковых и малины) и представление на основе выполненного нами информационного поиска наиболее интересных современных подходов к эколого-экономическому анализу природопользования, включая садоводство.

Методика работы

Методика выполненного исследования логичным образом подразделяется на две части.

Первая часть исследования связана с детальным анализом сортимента косточковых культур – абрикоса, алычи, вишни, сливы, черешни, а также малины, – в соответствии с данными последнего по времени издания Государственного реестра селекционных достижений [17, с. 396–417]. Представленные в Государственном реестре характеристики сортов, включая годы их внесения в реестр, регионы допуска сортов, сроки созревания плодов, были внесены в базу, проанализированы и визуализированы с использованием Microsoft Office Excel 2007.

Вторая часть выполненной работы заключалась в проведении информационного поиска научных источников, относящихся к актуальным аспектам эколого-экономического анализа процессов природопользования применительно к деятельности агроэкосистем садов. Нам представлялось важным обнаружить наиболее интересные подходы, имеющие перспективы внедрения в отечественной практике, и представить данную информацию коллегам. Информационный поиск был выполнен с использованием электронных ресурсов издательства SpringerNature на платформе SpringerLink.

Результаты и их обсуждение

Анализ сортимента плодовых культур (на примере сортов косточковых культур и малины) позволил установить наличие достаточно обширного объема сортов плодовых культур, рекомендованных для Самарской области, которые были созданы селекционерами Самарской области и других регионов. Следует заметить, что, в соответствии с числом сортов косточковых культур (абрикоса, алычи, вишни, слив,

черешни) и малины, рекомендованных для различных регионов, Среднее Поволжье занимает четвертое место, уступая лидирующим с более чем двукратным превышением Северо-Кавказскому и Центральному районам и менее разнообразному по сортименту в сравнении с ними Центрально-Черноземному району. Пока отсутствующие среди рекомендованных для региона культуры – алыча и черешня – представляют собой позиции, которые в будущем, благодаря работам специалистов НИИ «Жигулевские Сады», будут успешно заполнены (рис. 2).

Максимальное количество сортов для рассматриваемых косточковых культур и малины относится к периоду 2001–2010 гг., десятилетием ранее (1991–2000 гг.) и в последние годы (2011–2019 гг.) появление новых сортов составляло от 5 и более), с заметной разницей по культурам (рис. 3).

Это значит, что каждая культура представлена достаточным количеством современных сортов, которые отвечают актуальным требованиям производства и потребителей.

Косточковые культуры и малина, плоды которых в большей степени потребляются как сезонные [18, с. 97–121; 19, с. 1–23], имеют сорта с различным сроком созревания плодов. Это позволяет увеличить срок доступности населению плодовой продукции в свежем виде и обеспечить потребности перерабатывающей промышленности. Анализ сортимента косточковых культур и малины показал практически для всех культур преобладание сортов со средним сроком созревания плодов, для части культур значительна также доля сортов раннего срока созревания (рис. 4). Малина, в соответствии с тенденциями развития сортимента данной культуры, представлена также значительным числом ремонтантных сортов.

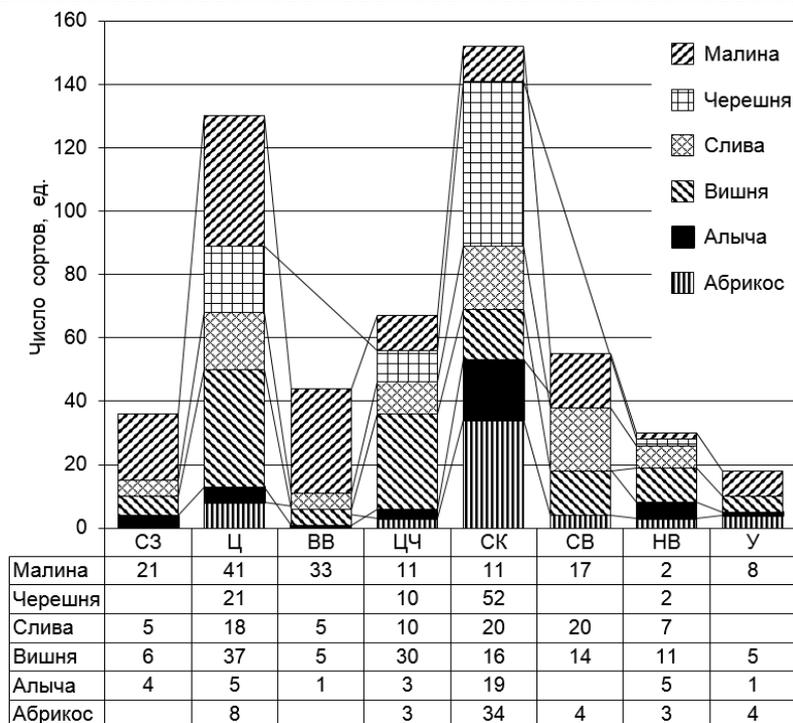


Рисунок 2 – Особенности разнообразия сортов косточковых культур и малины, рекомендованных для различных регионов возделывания (построено по данным [17]).

Примечание. Обозначения регионов допуска сортов:

СЗ – Северо-Западный, Ц – Центральный, ВВ – Волго-Вятский, ЦЧ – Центрально-Черноземный, СК – Северо-Кавказский, СВ – Средневолжский, НВ – Нижневолжский, У – Уральский

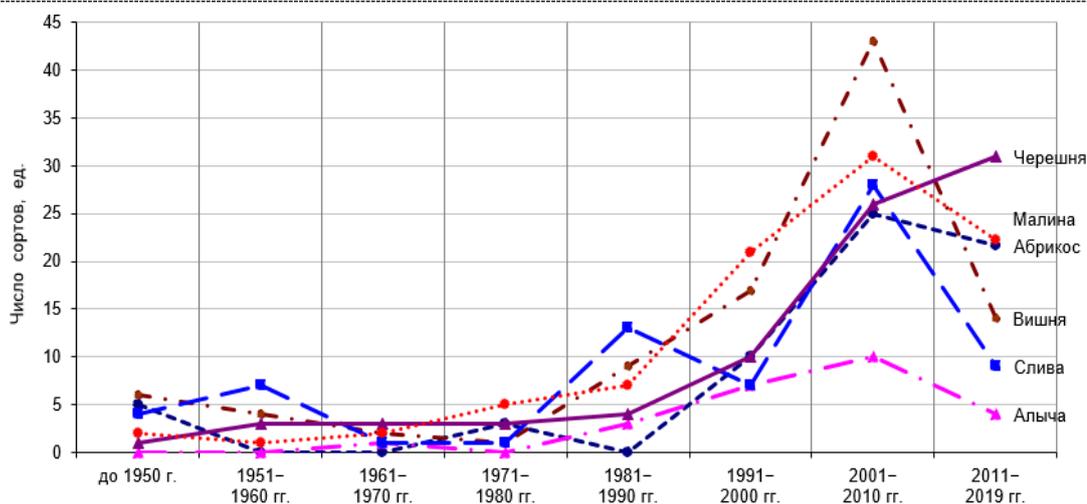


Рисунок 3 – Динамика времени внесения сортов косточковых культур и малины в Государственный реестр селекционных достижений (построено по данным [17])

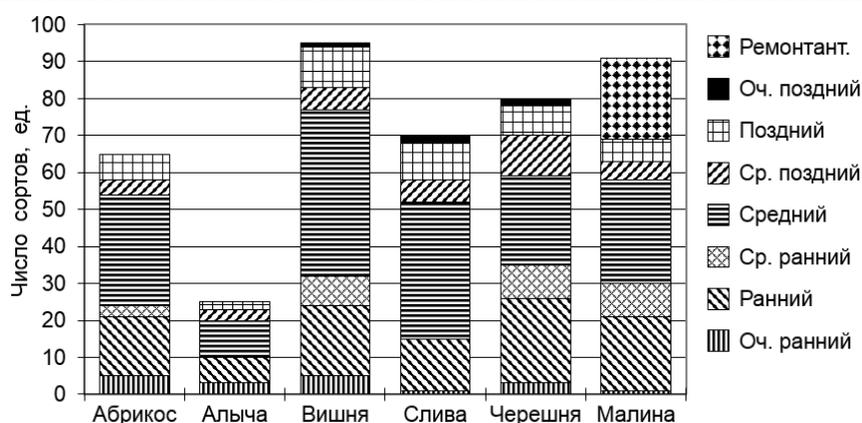


Рисунок 4 – Распределение сортимента косточковых культур и малины в соответствии со сроками созревания плодов (построено по данным [17])

Общемировые тенденции, связанные с появлением новых сортов плодовых растений, при сохранении требований к высоким урожайности и товарному качеству плодов, относятся к созданию сортов, характеризующихся простотой агротехники, повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, обладающих значительным адаптивным потенциалом, повышенной пользой для здоровья формируемой ими плодовой продукции [19, с. 1–23; 20, с. 3–68; 21, с. 39–52; 22, с. 3–36].

Возделывание плодовых культур в современных условиях требует рассмотрения в связи с определенными экологическими проблемами. Самый важный аспект в данном отношении – это сохранение окружающей среды в условиях глобальных изменений климата и загрязнения окружающей среды в целях обеспечения устойчивого развития и сохранения биологического разнообразия. Использование при выращивании плодовых культур пестицидов, фунгицидов, удобрений, выступающих в качестве массированных источников загрязнения грунтовых вод, почвы и окружающей среды, негативно влияющих на здоровье человека, сокращающих природное биологическое разнообразие, стимулировали появление многочисленных исследований в области комплексной борьбы с вредителями, методов органического земледелия, рециркуляции, оптимизации использования ресурсов, биоразлагаемости сельскохозяйственных химикатов и других вводимых ресурсов, а также

воздействия накопления сельскохозяйственных химикатов на экологию и биоразнообразие агроэкосистемы [22, с. 3–36]. Эти исследования привели к еще большим ограничениям на использование сельскохозяйственных химикатов и к развитию более экологически чистых и устойчивых систем производства и сбыта фруктов.

В обеспечении устойчивости экосистем агроценозов приоритетная роль отводится экологизации – процессу восстановления воспроизводственных возможностей экосистем, и биологизации – способам достижения эколого-экономической эффективности. Экологизация процессов сельскохозяйственного производства, направленная на поддержание устойчивости агроэкосистем садов, реализуется, в том числе, в разработке и системном осуществлении мер по снижению химико-техногенного прессинга, нейтрализации негативного воздействия на природную среду обитания живых организмов и ее сохранение [23, с. 28–35].

Обратимся к следующей части выполненной нами работы – представлению выявленных в ходе информационного поиска материалов, относящихся к актуальным аспектам эколого-экономического анализа процессов природопользования применительно к функционированию агроэкосистем.

Актуальные экологические аспекты развития регионального садоводства, которые нам хотелось бы затронуть в данной статье, связаны с демонстриру-

ющей все более широкое распространение применительно к различным сферам жизни человечества концепции экологического следа (ecological footprint, EF) и его последующей детализации понятиями карбонового, водного следов, оценки полного жизненного цикла. Зарубежными специалистами, использующими данный подход, высказано мнение, что в настоящее время наблюдается тенденция к использованию простых методологий, поскольку обществу легче их понять. Не случайно одно из крупнейших научных издательств – Springer Nature в 2015–2021 гг. опубликовало 47 выпусков серии Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes, индексируемой в базе Scopus. Общее содержание серии издатели характеризуют следующим образом (перевод): «Эта серия нацелена на широкое освещение всех аспектов, связанных с экологической оценкой продукции, разработкой экологических индикаторов и экологическим проектированием различных продуктов и процессов. Ниже приведены области, выпадающие под цели и объем данной серии, но не ограничиваются ими: Оценка жизненного цикла окружающей среды; Оценка социального жизненного цикла; Организационный и производственный углеродный след; Экологический, энергетический и водный следы; Расчет стоимости жизненного цикла; Индикаторы окружающей среды и устойчивости; Методы и инструменты оценки воздействия на окружающую среду; Аспекты и инструменты экологического дизайна (устойчивого дизайна); Исследования биодеградации; Утилизация отходов; Управление твердыми отходами; Экологический и социальный аудит; Зеленые закупки и инструменты; Воздействие продукта на окружающую среду; Стандарты и нормы экологического менеджмента; Эко-этикетки; Green Claims и зеленая стирка; Оценка аспектов устойчивости» [24].

Среди оценочных характеристик наибольшее распространение получили экологический след EF, углеродный след (carbon footprint, CF) и водный след (water footprint, WF) [25, с. 75–84]. Этот успех предположительно связан с тем, что результаты применения данного подхода, понятны ненаучному обществу [26, с. 3–6], благодаря простоте их применения используются в экологической политике и принятии решений [27, с. 319–326]. Легко понятный и надежный индикатор может влиять на решения потребителей, законодательство и нормативные акты [28], позволяя оценивать и сравнивать человеческий спрос на ресурсы и производство сырья, а также способность поглощать эмиссии углерода, образующегося в процессе производства [28, с. 100–112]. Показатель экологического следа EF был введен Wackernagel и Rees [29], которые измерили экологический след (EF) человечества и сравнили его с поддерживающей способностью планеты. Экологический след определяется как площадь земли, которая потребуется для обеспечения ресурсами (производство зерновых, кормов, топливной древесины, рыбы и размещения городов) и поглощения выбросов CO₂. Графически различные версии схемы, изображающей экологический след, получили широкое распространение в различных информационных источниках, одну из них мы приводим ниже (рис. 5). Итоги расчета экологического следа применительно к континентам,

странам, регионам, применительно к нашей стране – и отдельным субъектам федерации также широко популяризируются (см., например, [30]).

Поскольку орошаемое земледелие является крупнейшим пользователем водных ресурсов, крайне важно, чтобы развитие агропроизводства осуществлялось в соответствии с устойчивым использованием воды для орошения. В этом контексте индикатор водопользования, называемый водным следом (WF), – выступает в качестве инструмента для оценки этих стратегий [31, с. 1–34]. Говоря вкратце, водный след WF – это мера освоения пресной воды и ее принципиальная важность для конкретного продукта или модели потребления. Три учитываемые здесь компонента обозначаются как «зеленый», «синий», и «серый» водный след. При этом «голубой» след определяется как количество поверхностных и подземных вод, потребляемых в указанном процессе, «зеленый» – объем потребления дождевой воды, прямо или косвенно, за счет ее хранения в течение определенного времени, «серый» означает количество пресной воды, необходимое для снижения концентрации загрязняющих веществ и поддержания требуемого индекса качества воды, предписанного и согласованного со стандартами качества воды во всем мире [32, с. 53–60]. Понятие водного следа WF предложил в 2003 г. Hoekstra [33], определив его как объем воды, прямо или косвенно используемый для производства единицы продукции (товара или услуги). Он предложил рассматривать водный след как сумму всех объемов воды, используемых в цепочке поставок, включая голубую, зеленую и серую воду. «Зеленая» вода (дождевая вода, которая накапливается в почве и испаряется растениями в течение вегетационного периода, что эквивалентно концепции эффективных осадков) особенно важна при выращивании культур без орошения. «Голубая» вода (объем пресной воды, извлекаемой из поверхностных источников воды (реки, озера, пруды) и/или грунтовых вод (водоносные горизонты), которая испаряется в течение сезона урожая, представляет полив, который может быть рассчитан для полного или частичного удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в зависимости от культуры и выбранной стратегии полива. Эта вода не возвращается в среду, из которой была первоначально взята, иными словами она «теряется» в определенной области (происходит потребление пресной воды). Наконец, «серая» вода является индикатором воздействия загрязнения на водные ресурсы и представляет собой объем пресной воды, необходимый для разбавления загрязнения до уровня качества воды, превышающего нормативные стандарты качества воды [33, с. 25–47]. В настоящее время нет единого подхода для количественной оценки данного компонента [34, с. 1288–1299]. Кроме того, «серый» водный след является индикатором воздействия на окружающую среду, поэтому его анализ соответствует этапу оценки воздействия водного следа, где экологическое воздействие уместнее рассматривать в таких категориях, как эвтрофикация или токсичность [35, с. 28–42]. Водный след сельскохозяйственных культур может быть получен как сумма «зеленого» и «синего» компонентов и обычно выражается в м³/т или л/кг.

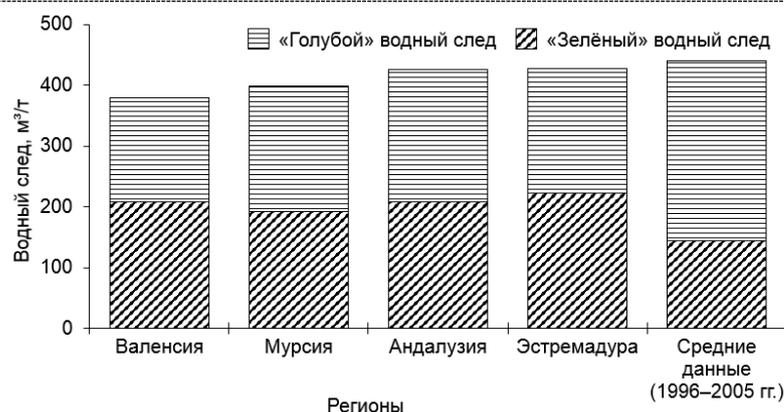


Рисунок 5 – Результаты расчета водного следа при выращивании апельсинов в различных регионах Испании, данные водопотребления 2019–2020 гг. (из: [31])

В 2014 году в ответ на необходимость унификации множественных определений и методологий оценки водного следа был опубликован стандарт ISO 14046: 2014 – Экологический менеджмент – Водный след – Принципы, требования и руководящие указания [36]. ISO 14046: 2014 определяет водный след как показатель (показатели), которые количественно определяют потенциальное воздействие на окружающую среду, связанное с водой. Эта методология основана на подходе анализа жизненного цикла (*Life Cycle Assessment, LCA*), который объединяет и оценивает поступление, расход и потенциальные воздействия на окружающую среду, связанные с водой, «от колыбели до могилы». Согласно ISO 14046, оценка водного следа состоит из 4 этапов: (i) определение цели и объема, (ii) инвентаризационный анализ водного следа, (iii) оценка воздействия на водный след и (iv), наконец, интерпретация результатов. Большое значение имеют мероприятия, связанные с первым и вторым этапами. Понятно, что определение пространственно-временного масштаба влияет на точность результатов инвентаризации водного следа и их интерпретацию [37, с. 1635–1651]. Специалисты считают, что, при наличии некоторых недостатков, данная методика в целом пригодна для количественной оценки и управления водными ресурсами в различных областях с учетом их специфики.

Здесь и далее мы не рассматриваем алгоритмов и формульной основы расчетов, которые предлагаются для практической реализации данных экспертных подходов, ограничиваясь ссылками на источники, в которых они даны. Так, в качестве небольшой иллюстрации приведем результаты, полученные при расчете водного следа для выращивания апельсинов в различных районах Испании (рис. 6) [31, с. 1–34]. При заметных различиях между регионами отчетливо прослеживается снижение «голубого» водного следа в рассмотренные авторы сезоны по сравнению со среднесезонными данными. Возможно, для сезонов 2019–2020 гг. это является результатом совершенствования системы полива промышленных насаждений цитрусовых.

Детализация расчета водного следа применительно к региональным агроэкосистемам садов Самарской области еще ждет своей реализации. Нам представляется, что в ближайшей перспективе, благодаря наличию в регионе баз многолетних метеоданных и учету затрат воды на орошение, расчет «зеленого» и «голубого» следа могут быть выполнены для различных

культур, для сопоставления условий в административных районах области, а также в целях анализа эффективности водопотребления. Думается, что таким путем может быть получен интересный материал для оптимизации использования водных ресурсов региона.

Углеродный след CF описывает количество выбросов парниковых газов, которые конкретный продукт или услуга вызовет в течение своего срока службы, обычно выражается в эквиваленте CO_2 (CO_2E) и включает выбросы CO_2 , CH_4 и N_2O [38, с. 85–112]. В то же время углеродный след можно рассматривать как подмножество оценки жизненного цикла (LCA), в которой изучается только категория воздействия изменения климата. LCA – это стандартизированный метод количественной оценки воздействия на окружающую среду, вызванного производством, использованием и удалением отходов продукта или услуги [39, с. 1–10]. Она анализирует весь жизненный цикл системы или продукта – объекта исследований, – охватывая широкий диапазон воздействий, для которых выполняется количественная оценка. При этом основное внимание уделяется воздействиям на окружающую среду, хотя также могут быть включены как социальные, так и экономические воздействия. Данный инструмент приобрел центральную роль в экологическом регулировании во многих странах, сертифицирован стандартизацией ISO, за последние десятилетия был использован различными компаниями по всему миру [40, р. 9–16]. Мы ограничимся рассмотрением в качестве примера результатов исследования, выполненного китайскими учеными в целях оценки углеродного следа производства фруктов и определение основных выбросов парниковых газов, которые необходимо сократить за счет улучшения управления садом [41, с. 4681–4691].

Углеродный след производства фруктов оценивался путем количественной оценки выбросов парниковых газов, связанных с индивидуальными затратами для первичного производства и управления садами до сбора урожая (принцип ворот фермы) годового производства фруктов (рис. 6), с применением методологии LCA. Ежегодные исходные данные о материалах и энергии в полном жизненном цикле от производства материалов до сбора урожая фруктов были получены путем посещения садов, где выращивались пять типичных для выбранных районов Китая плодовых культур: яблоки, апельсины, бананы, персики и груши.

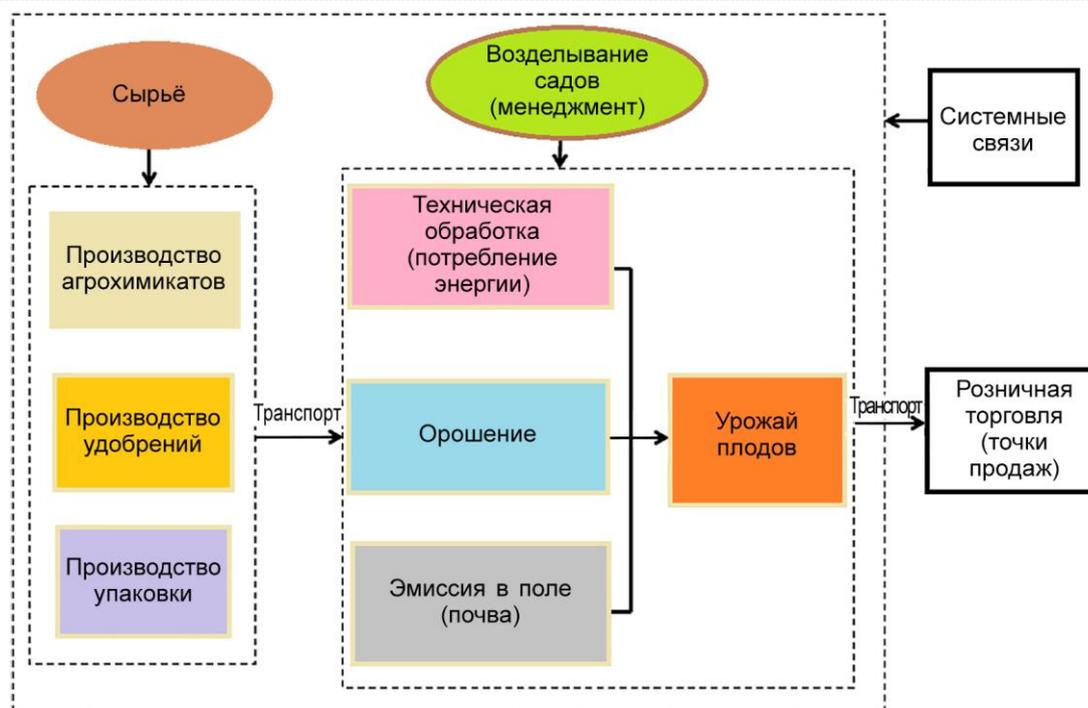


Рисунок 6 – Связи в системе производства фруктов, рассмотренные в работе (по [41])

Авторами было установлено, что расчетный углеродный след агроэкосистем варьировал от 2,9 до 12,8 т CO₂-экв./га во всех обследованных садах, тогда как углеродный след продуктов колебался от 0,07 до 0,7 кг CO₂-экв./кг фруктов. Средние показатели углеродного следа для апельсина и груши были значительно ниже, чем у яблока, банана и персика, CF апельсина был значительно ниже, чем у других культур. Масштабируемый по доходу углеродный след апельсина и груши был выше, чем у яблока, банана и персика. Что касается вводимых ресурсов, то на долю синтетических азотных удобрений приходилось более 50% общих выбросов парниковых газов, которые варьировали в зависимости от типа плодовой продукции. Это позволило авторам сделать заключение, что сокращение применения синтетических азотных удобрений должно быть приоритетным требованием для сокращения выбросов парниковых газов в секторе производства фруктов. Нерешенной проблемой, на которую они также указали, является выработка национальной политики и рыночного механизма, стимулирующих потребление низкоуглеродных диетических продуктов [41, с. 4681–4691].

Работы подобного рода, выполненные на отечественном материале, пока отсутствуют. Нам думается, что выполнение анализа процессов, сочетающего экологический и экономический подходы, применительно к деятельности агроэкосистем, в том числе промышленных садов и садоводческих массивов, где населением выращивается продукция для личного потребления, является актуальным и может способствовать оптимизации региональной стратегии развития плодородства в Самарской области и других регионах РФ.

Выводы

Таким образом, развитие регионального плодородства в Самарской области имеет несомненные перспективы с позиций разнообразия актуального ассортимента, который уже существует и вновь созда-

ется, в том числе местными селекционерами плодовых культур, что может быть показано, в частности, на примере разнообразия сортов косточковых культур и малины. Для анализа существующих условий и выработки стратегии эколого-экономического развития регионального плодородства могут быть использованы пока не получившие широкого распространения среди отечественных специалистов подходы к оценке водного и углеродного следа (WF и CF), дающие интересную информацию для экспертной оценки и планирования.

Список литературы:

1. Еремин Г.В., Исачкин А.В., Казаков И.В. и др. Общая и частная селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур / под ред. акад. Г.В. Еремина. М.: Мир, 2004. 422 с.
2. Григорцевич Л.Н., Полещук Ю.М., Блинцов А.И. Основы плодородства. Мн.: БГТУ, 2004. 89 с.
3. Самигуллина Н.С. Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур: учеб. издание. Мичуринск: Изд-во Мичуринский государственный аграрный университет, 2006. 197 с.
4. Ferrari C.K.B. Functional foods, herbs and nutraceuticals: towards biochemical mechanisms of healthy aging // Biogerontology. 2004. Vol. 5. P. 275–289.
5. Kumar M.N., Choudhary K., Negi N., Singh M.V., Vaishali G. Nutritional composition of stone fruits // Production Technology of Stone Fruits. Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2021. P. 227–251.
6. Aluko R.E. Functional foods and nutraceuticals. Springer Science + Business Media, 2012. 163 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-3480-1.
7. Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания (утв. приказом Минздрава России от 19.08.2016 г. № 614) [Электронный ресурс] // Сайт Гарант.ру. – <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784>.
8. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В. Анализ состояния и пер-

- спективные направления развития питомниководства и садоводства: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 88 с.
9. Сырнев И.Н. Промыслы и занятия населения // Россия. Полное географическое описание нашего отечества. Среднее и Нижнее Поволжье и Заволжье. СПб.: Издание А.Ф. Девриена, 1901. Репринтное издание. Ульяновск: Дом печати, 1998. С. 202–266.
10. Кавеленова Л.М., Петрова А.Б., Антипенко М.И., Минин А.Н. Об особенностях реализации экосистемных услуг агроэкосистемами садов Самарской области // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 4. С. 80–86. DOI: 10.17816/snv202094112.
11. Петрова А.Б., Савицкая К.А., Кавеленова Л.М., Деменина Л.Г. О вкладе пригородных урбанизированных территорий в улучшение состояния природной среды и обеспечение населения плодово-ягодной продукцией // Экологический сборник 7: тр. молодых ученых. всерос. (с междунар. уч.) молодеж. науч. конф. / под ред. канд. биол. наук С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и проф. С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН, «Анна», 2019. С. 361–365.
12. Деменина Л.Г., Петрова А.Б., Савицкая К.А., Кавеленова Л.М. К особенностям мирового и российского производства плодовой продукции (яблок и груш) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 2 (23). С. 20–26. DOI: 10.17816/snv201872103.
13. Вальной сбор плодов, ягод и винограда // Самарский статистический ежегодник. Самара, 2019. С. 187.
14. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 512 с.
15. Розно С.А., Кавеленова Л.М. Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Самара: Самарский ун-т, 2007. 227 с.
16. Семенович Г.И., Салмина Т.А. Основные принципы агроэкологического районирования садоводства и оценка пригодности почвогрунтов и местоположений при выборе места под сад в Куйбышевской и Ульяновской областях // Селекция и агротехника выращивания плодовых и ягодных культур в Среднем Поволжье. Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1981. С. 33–73.
17. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 680 с.
18. Costa G., Angelo Ramina A. Chapter 4: Temperate fruit species // Horticulture: Plants for People and Places / G.R. Dixon, D.E. Aldous (eds.). Vol. 1. Springer Science + Business Media Dordrecht, 2014. P. 97–121. DOI: 10.1007/978-94-017-8578-5_4.
19. Егоров Е.А. Направления и приоритеты сортопородной селекции садовых культур и винограда на юге России // Плодоводство и виноградарство юга России. 2012. № 18 (6). С. 1–23.
20. Wargovich M.J., Morris J., Moseley V., Weber R., Byrne D.H. Developing fruit cultivars with enhanced health properties // M.L. Badenes, D.H. Byrne. Fruit Breeding, Handbook of Plant Breeding 8. Springer Science + Business Media, 2012. P. 37–68. DOI: 10.1007/978-1-4419-0763-9_2.
21. Заремук Р.Ш., Алехина Е.М., Доля Ю.А., Богатырева С.В. Приоритетные направления селекции сортов косточковых культур для южного садоводства // Плодоводство и виноградарство юга России. 2012. № 18 (6). С. 39–52.
22. Byrne D.H. Chapter 1. Trends in fruit breeding // Fruit Breeding / M.L. Badenes, D.H. Byrne (eds.). Handbook of Plant Breeding 8. Springer Science + Business Media, 2012. P. 3–36. DOI: 10.1007/978-1-4419-0763-9_1.
23. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А., Путилина И.Н. Актуальные направления повышения эффективности промышленного садоводства // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018. Т. 5, № 1. С. 28–32.
24. Environmental footprints and eco-design of products and processes. Book Series. About this series // [Internet] <https://link.springer.com/bookseries/13340>.
25. González-Vallejo P., Marrero M., Solís-Guzmán J. The ecological footprint of dwelling construction in Spain // Ecological Indicators. 2015. Vol. 52. P. 75–84.
26. Weidema B.P., Thrane M., Christensen P. et al. Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment? // Industrial Ecology. 2008. Vol. 12, № 1. P. 3–6.
27. Bare J.C., Hofstetter P., Pennington D.W., Haes H.A. Midpoints versus endpoints: the sacrifices and benefits // International Journal of Life Cycle Assess. 2000. Vol. 5. P. 319–326.
28. Galli A., Wiedmann T., Ercin E., Knoblauch D., Ewing B., Giljum S. La integración de la familia de indicadores de huella ecológica, carbono e hídrica: Definición y papel en el seguimiento de la presión humana sobre el planeta // Journal of Industrial Ecology. 2012. Vol. 16. P. 100–112.
29. Wackernagel M., Rees W. Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, 1996. 164 p.
30. Экологический след субъектов Российской Федерации – 2016 / науч. ред. П.А. Боев, Д.Л. Буренко. Всемирный фонд дикой природы (WWF). М.: WWF России, 2016. 112 с.
31. Flores-Cayuela C.M., González-Perea R., Camacho-Poyato E., Pilar Montesinos P. Verifiable water use inventory using ICTs in industrial agriculture // Water Footprint, Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes / S.S. Muthu (ed.). Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2021. P. 1–34.
32. Kumar P.S., Prasanth S.M., Harish S., Rishikesh M. Industrial water footprint: case study on textile industries // Water Footprint, Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes / S.S. Muthu (ed.). Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2021. P. 53–60.
33. Hoekstra A.Y., Hung P.Q. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade // Virtual Water Trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Vol. 12. Delft, The Netherlands, 2003. P. 25–47.
34. Jeswani H.K., Azapagic A. Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use // Journal of Cleaner Production. 2011. Vol. 19 (12). P. 1288–1299.
35. Canals L.M.I., Chenoweth J.L., Chapagain A., Orr S., Antón A., Clift R. Assessing freshwater use impacts in LCA: Part I – inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways // Life Cycle Assessment. 2009. Vol. 14 (1). P. 28–42.
36. ISO, 14046 Environmental management – water footprint – principles, requirements and guidelines. In: International organization for standardization, Geneva, 2014.
37. Montesinos P., Camacho E., Campos B., Rodríguez-Díaz J.A. Analysis of virtual irrigation water. Application to water resources management in a Mediterranean River Basin // Water Resources Management. 2011. Vol. 25 (6). P. 1635–1651.
38. Roos E., Sundberg C., Hansson P.A. Carbon footprint of food products // S.S. Muthu. Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Vol. 1, EcoProduc-

tion. Singapore: Springer Science + Business Media, 2014. P. 85–112. DOI: 10.1007/978-981-4560-41-2_4.

39. Roy P., Nei D., Orikasa T., Xu Q., Okadome H., Nakamura N., Shiina T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products // *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 90, iss. 1 (EBSCO). P. 1–10.

40. Bjørn A., Owsianiak M., Molin C., Laurent A. Main Characteristics of LCA // *Life Cycle Assessment. Theory and*

Practice / eds. M.Z. Hauschild, R.K. Rosenbaum, S.I. Olsen. Springer International Publishing, 2018. P. 9–16.

41. Yan M., Cheng K., Yue Q., Yan Y., Rees R.M., Pan G. Farm and product carbon footprints of China's fruit production – life cycle inventory of representative orchards of five major fruits // *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23. P. 4681–4691. DOI: 10.1007/s11356-015-5670-5.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Антипенко Мария Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулёвские сады» (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: antipenko28@rambler.ru.</p> <p>Минин Анатолий Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулёвские сады» (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: iv-minina@yandex.ru.</p> <p>Петрова Анна Борисовна, учебный мастер кафедры экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: viksian@yandex.ru.</p> <p>Кавеленова Людмила Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии, ботаники и охраны природы; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: lkavelenova@mail.ru.</p>	<p>Antipenko Maria Ivanovna, candidate of agricultural sciences, leading researcher; Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhigulevskie Sady» (Samara, Russian Federation). E-mail: antipenko28@rambler.ru.</p> <p>Minin Anatoly Nikolaevich, candidate of agricultural sciences, leading researcher; Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants «Zhigulevskie Sady» (Samara, Russian Federation). E-mail: iv-minina@yandex.ru.</p> <p>Petrova Anna Borisovna, teaching master of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: viksian@yandex.ru.</p> <p>Kavelenova Lyudmila Mikhailovna, doctor of biological sciences, professor, head of Ecology, Botany and Nature Protection Department; Samara National Research University (Samara, Russian Federation). E-mail: lkavelenova@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Антипенко М.И., Минин А.Н., Петрова А.Б., Кавеленова Л.М. Актуальные экологические аспекты развития регионального плодородства Самарской области // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 3. С. 10–18. DOI: 10.17816/snv2021103101.