

УДК 338.43

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ

Егоров Е.А., д-р экон. наук, член-корреспондент РАН,  
Шадрина Ж.А., канд. экон. наук, Кочьян Г.А., канд. экон. наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский  
зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства»  
(Краснодар)

**Реферат.** Выявлены эколого-экономические функциональные взаимосвязи и установлены системные критерии оптимизации параметров структурных элементов воспроизводственных процессов, разработана методика определения их оптимальной размерности. Научно обоснованы параметры, при соблюдении которых достигается функциональная устойчивость агроэкосистем и необходимый уровень эколого-экономической эффективности производства.

**Ключевые слова:** агроэкосистемы, воспроизводственные процессы, критерии, устойчивость, алгоритм, параметры, эколого-экономическая эффективность

**Summary.** Ecological and economic functional interrelations are revealed and system criteria of optimization of parameters of structural elements of reproduction processes are established, the technique of determination of their optimal dimension is developed. It is scientifically based parameters, which observance the functional stability of agric ecosystems and necessary level of ecological and economic efficiency of production is reached.

**Key words:** agric ecosystems, reproduction processes, criteria, stability, algorithm, parameters, ecological and economic efficiency

**Введение.** Усиление техногенного прессинга, связанного с интенсификацией производства, сформировало немало проблем: обеднение агроценозов за счет уничтожения полезных видов микрофлоры, нарушение микробиологических процессов в почвенной биоте и, как следствие, нарушение биологического равновесия в экосистемах агроценозов; увеличение в почве актиномицетов, продуцирующих фитотоксичные вещества, повышающие токсичность почвы и почвоутомление; изменение характера инфицирования органов растений; негативные изменения в иммунном статусе возделываемых растений; появление более устойчивых штаммов фитопатогенов и видов вредителей; проявление свойства агроэкосистемы – самоограничения темпов непрерывного роста урожайности [1].

Установленные проявления актуализируют необходимость выявления функциональных взаимосвязей в структурных компонентах агроэкосистем и обоснования их оптимальных параметров, соблюдение которых при разработке и осуществлении агротехнологических регламентов позволит обеспечить необходимый уровень эколого-экономической эффективности с учетом пороговости техногенных влияний на агроэкосистемы и обеспечить их функциональную устойчивость.

**Обсуждение результатов.** Для агроэкосистем, в которых базисными элементами являются биологические системы – насаждения многолетних растений, весьма существенным признаком, характеризующим результирующую эффективность, является функциональная устойчивость, которую необходимо рассматривать относительно виноградного растения, структурных компонентов агроценоза и производства в целом.

Функциональная устойчивость для виноградного растения – это способность при- войно-подвойной комбинации поддерживать высокое динамическое постоянство физиоло- го-биохимических процессов; для виноградного агроценоза в целом – это динамический оптимум в системных функциях и параметрах его компонентов, обусловленный выверен- ными конструкционными и регламентными решениями.

Необходимо учитывать, что устойчивость виноградного агроценоза к воздействию биотических и абиотических факторов зависит в решающей степени от антропогенной со- ставляющей.

Функциональная устойчивость агроэкосистем обеспечивается, когда соблюдается сбалансированная согласованность взаимосвязей и взаимовлияний в оптимальном диапа- зоне: «способность самовоспроизводства – антропогенная нагрузка», или «исходное (нор- мативное) состояние – ресурсные издержки – компенсации», по каждому элементу (ком- поненту) функциональных подсистем [2].

Для определения взаимосвязей между воспроизводственными возможностями ком- понентов агроэкосистемы и химико-техногенными воздействиями необходимо: выявить эколого-экономические взаимовлияния в компонентах агроэкосистемы; разработать сис- тему локальных критериев эколого-экономической устойчивости агроэкосистем; расчетно обосновать нормативные параметры оценочных показателей воспроизводственных воз- можностей и их соизмеримых взаимовлияний при химико-техногенных воздействиях (со- блюдение оптимальных соотношений прироста продуктивности и затрат на обеспечение прироста); верифицировать результаты этого воздействия путем сопоставления фактиче- ских значений оценочных показателей воспроизводственных возможностей компонентов агроэкосистемы при химико-техногенных воздействиях с нормативными значениями.

Выявление зависимостей между воспроизводственными возможностями компонен- тов агроэкосистемы и химико-техногенными воздействиями должно основываться на эко- логических, биологических, экономических законах, отдельных правилах и принципах, раскрывающих сущность организации сложных природно-техногенных систем.

В табл. 1 приведена обобщающая характеристика моделей и методов, используемых для выявления зависимостей между воспроизводственными возможностями компонентов агроэкосистемы и химико-техногенными воздействиями.

Таблица 1 – Модели и методы, используемые для выявления многофункциональных зависимостей

Структурный компонент агроэкосистемы (объект химико-техногенного воздействия)	Методы	Типы моделей
Почва и почвенная микробиота	Эмпирико-статистический. Корреляционный и факторный анализ.	Биогеохимическая модель устойчивости. Динамические модели. Балансовые модели.
Энтомо-, пато- и акаросистемы	Эмпирико-статистический. Корреляционный и факторный анализ.	Динамические модели. Нелинейные модели.
Виноградные растения	Эмпирический. Регрессионный. Корреляционный и факторный анализ.	Динамические модели. Компарментальные имитационные модели

Данные модели дают достоверную статистическую оценку системным взаимосвязям в структурных элементах агроэкосистемы, определяют степень влияния регламентированных техногенных воздействий на воспроизводственные возможности компонентов агроэкосистемы, что позволяет расчетно обосновать направления снижения уровня техногенной нагрузки по функциональным областям воздействия, разработать инструменты и механизм обеспечения устойчивости агроэкосистемы.

Установлено, что при уплотнении почвы более, чем на 1 % по сравнению с допустимым значением, урожайность плодовых культур и винограда снижается на 0,47 %; при превышении допустимой пестицидной нагрузки на 1 % воспроизводственный потенциал растений снижается на 2,7 %; при росте издержек на защитные мероприятия на 1 % увеличение издержек на производство составляет 0,59 %, а снижение рентабельности составляет 0,82 %; замена применяемых химических пестицидов на БАВ – повышение доли биометода на 1 % приводит к уменьшению остаточных количеств фунгицидов и инсектицидов в почве, плодах и ягодах, снижению численности вредных организмов на 1,62 %, сохранению и росту урожая на 0,6 %, сокращению издержек на защитные мероприятия и на производство на 3,4 % и 2,5 % соответственно, росту рентабельности на 2,4 пункта; при снижении урожайности на 1 %, обусловленной недостаточной устойчивостью сорта (растения) к воздействию абиотических и биотических стресс-факторов, снижение рентабельности составляет 0,3 пункта [3].

Для полноты учета всех разнородных системных свойств и признаков, элементных взаимосвязей, объективных закономерностей, с целью разработки обособленных количественных и качественных либо интегральных критериев, предъявляемых к обеспечению устойчивости воспроизводственных процессов, необходима их классификация не только по стадиям и элементам, но и принципам организации, функциональному содержанию и целеполаганию составляющих процесса.

Современные технологические системы должны быть ориентированы на снижение техногенной составляющей, и, как следствие, сокращение потребления ресурсов, участвующих в производстве, они должны характеризоваться: адаптивностью, биологизацией процессов, экологической и экономической эффективностью, способностью обеспечивать стабильность плодоношения, поддержание почвенного плодородия, экономически оптимальную реализацию продукционного потенциала агроценоза, высокие потребительские качества продукции, то есть критериально обеспечивающие устойчивость производства.

Таким образом, критериями оптимизации эколого-экономических параметров структурных элементов воспроизводственных процессов являются: минимизация негативного антропогенного влияния на окружающую среду; обеспечение максимального уровня реализации продукционного потенциала; повышение адаптационной устойчивости растений; максимизация получаемой величины и качества урожая на каждую единицу используемых техногенных ресурсов; обеспечение качественного изменения производственных, социально-экономических, экологических параметров системы.

Приведенный перечень критериальных показателей достигается методами подбора сортов, обладающих высоким биологическим и адаптационным потенциалом, оптимизации взаимодействий привойно-подвойных комбинаций, рационального размещения культур, управления приспособительными реакциями, поддержания сбалансированности ценологических систем, повышения фотосинтетической активности растений и их отзывчивости на антропогенные воздействия, эффективного использования элементов питания, биологизации защиты растений. Отмеченные методы (формы, способы) составляют содержание конструктивных и регламентных решений [4, 5, 6].

Методические подходы к разработке алгоритма оптимальных эколого-экономических параметров структурных элементов воспроизводственных процессов представляют собой совокупность последовательных действий: уточнение проблемной постановки и локальных задач; формирование системы оценочных показателей; выявление эко-

лого-экономических взаимосвязей и взаимовлияний; установление системных критериев оптимизации; формирование системы ограничителей по взаимосвязям; моделирование процессов (математический аппарат); расчетное обоснование оптимальных эколого-экономических параметров.

Процесс определения нормируемых значений оценочных показателей сводится, в основном, к определению задаваемого к достижению результата при рациональных ресурсных издержках [7]. Оптимизация показателей осуществляется на основе выявленных зависимостей и взаимосвязей с их четкой классификацией по признакам, функциональной нагрузке процессов, которые устанавливают диапазон параметров допустимых изменений.

Оптимальные эколого-экономические параметры структурных элементов воспроизводственных процессов, при соблюдении которых достигается функциональная устойчивость агроэкосистем и необходимый уровень технолого-экономической эффективности, рассчитываются посредством математического аппарата на основе выявленных зависимостей и установленных критериев. По основным структурным компонентам агроэкосистемы пределы устойчивости составляют 0,38-0,62 от нормативных значений оценочных показателей.

Обобщенные оптимальные эколого-экономические параметры структурных элементов воспроизводственных процессов, при соблюдении которых достигается функциональная устойчивость агроэкосистем и необходимый уровень эффективности, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Оптимальные эколого-экономические параметры структурных элементов воспроизводственных процессов экосистемы ампелоценоза

Стадии воспроизводства	Системные компоненты	Оценочные показатели	Нормативные параметры
<i>Природная среда (агроэкосистема)</i>			
<i>Биоценоз</i>			
Формирование средств производства	– продуценты (растения)	стрессорная флуктуация реализуемости продукционного потенциала, %	15-21
	– почва и почвенная микробиота (редуценты)	физико-химический состав почвы, кг/га	N:P:K 60:100:120
		влагообеспеченность, мм	400-650
		гранулометрический состав	размер фракций почвенных частиц 0,25-0,40 мм
		минерализация	2,5-6 г/л
		содержание вредных солей в 100 г почвы	хлориды 0,3 мг-экв., сульфаты 1,7 мг-экв, карбонаты 0,8 мг-экв
		плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	1,1-1,4
		мощность корнеобитаемого слоя, см	не менее 100
		содержание гумуса в слое 0-1,5 м, %	2,5-3,5
		вынос органики – возврат	1:1
		соотношение патогенных и симбиотических организмов	32 % : 68 %
		количество микробной биомассы	1,68-3,9 т/га
		остаточные количества пестицидов, мг/кг	ПДК <sub>ХОС</sub> 0,1 ПДК <sub>ФОС</sub> 0,1-0,2 ПДК <sub>триазолы</sub> 0,03 ПДК <sub>медьсодер. фунгициды</sub> 3

Окончание табл. 2

Стадии воспроизводства	Системные компоненты	Оценочные показатели	Нормативные параметры	
	– энтомо-, пато- и акаросистемы (консументы)	допустимые уровни пестицидов в ягодах, мг/кг	МДУ <sub>ХОС</sub> 0,05-0,1 МДУ <sub>ФОС</sub> 0,01 МДУ <sub>триазолы</sub> 0,1 МДУ <sub>медь</sub> 5 МДУ <sub>металаксил</sub> 0,03 Азолы 0,04-0,2 мг/кг Стробилурины 0,1 мг/кг	
		сохранение биологически заложенного урожая текущей вегетации	не менее 90 %	
	<i>Агроценоз</i>			
	– конструкции	относительный показатель хозяйственной продуктивности	0,2-0,5	
	– агротехнологические регламенты	относительный показатель ФАР	0,5-1,2 %	
		превышение среднемноголетней экономически оптимальной урожайности	до 14-18 %	
		коэффициент превышения порога безубыточности	2,4-2,6	
		реализация производственного потенциала	до 70 %	
		диапазон технологически и экономически оптимальной урожайности, т/га	5,7-8,9	
	<i>Социально-экономическая среда</i>			
Производство продукции	Производительные (производственно-технологические процессы)	стоимостная сопоставимость объектов инфраструктуры и насаждений	1,55	
		окупаемость издержек капитального характера, лет	не более 8 л	
		соблюдение пропорциональности в соотношении: урожайность-издержки-доход	0,31-0,35-0,34	
		величина дохода от реализации в расчете на 1 руб./оборотных средств, руб./руб.	4,5-4,8	
		величина доходов на единицу стоимостной оценки производственной инфраструктуры, руб.	1,16	
		потребность в трудовых ресурсах в расчете на 100 га виноградника, чел.	49	
		интегральный показатель ресурсоотдачи	1,613-1,724	
		сопоставимые с доходом издержки	не более 58 %	
	соотношение постоянных и переменных издержек	38 %:62 %		
<i>Рыночная среда</i>				
Превращение товарного капитала в денежный	Товарно-экономические (маркетинговые)	рентабельность продукции	не менее 62 %	
		рентабельность продаж	не менее 38 %	
		стандартность продукции	не менее 90 %	
		коэффициент конкурентоспособности продукции	не менее 0,9	

**Выводы.** Выявлены эколого-экономические функциональные взаимосвязи и установлены системные критерии оптимизации параметров структурных элементов производственных процессов в виноградарстве, разработана методика определения их оптимальной размерности. Научно обоснованы параметры, при соблюдении которых достигается функциональная устойчивость агроэкосистем и необходимый уровень эколого-экономической эффективности производства.

Приведение показателей эколого-экономической эффективности к взаимосвязанному оптимальному диапазону формирует основу устойчивого развития – последовательного наращивания возможностей системы, находящейся под воздействием изменяющихся факторов внутренней и внешней среды, обеспечивать прирост количественных и качественных показателей, осуществлять преимущественно за счет собственных возможностей производство продукции, средств производства, природных ресурсов среды.

### Литература

1. Егоров, Е.А. Эколого-экономическая эффективность интенсификации плодородства / Е.А. Егоров // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. Том 2. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. – С. 7-21.
2. Егоров, Е.А. Системная устойчивость производственно-технологических процессов в промышленном плодородстве / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // Наука Кубани. – 2008. – № 1. – С. 39-42.
3. Егоров, Е.А. Эффективность экологизации производства в виноградарстве / Е.А. Егоров, Е.Г. Юрченко, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // Плодородство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – № 16 (4). – С. 120-125. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/12/04/15.pdf>.
4. Егоров, Е.А. Роль системы земледелия в обеспечении устойчивости агроэкосистем при возделывании многолетних сельскохозяйственных культур / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. Том 6. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2014. – С. 7-17.
5. Егоров, Е.А. Повышение продуктивности промышленных виноградников ресурсосберегающими приемами отраслевого производства. Научно-практическое руководство / Е.А. Егоров, Т.Н. Воробьева, Ю.А. Ветер. – Краснодар, 2007. – 60 с.
6. Петров, В.С. Инновационные перспективные технологии мульчирования почвы в междурядьях винограда / В.С. Петров, Г.Я. Кузнецов, Ж.А. Шадрин, М.И. Панкин // Плодородство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2016. – №39 (03). – С.77-86. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/16/03/08.pdf>.
7. Егоров, Е.А. Ресурсообеспеченность устойчивого развития промышленного виноградарства / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 4-7.