

УДК 634.8

## ФОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Петров В.С., д-р с.-х. наук

*Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный  
научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства  
(Краснодар)*

**Реферат.** Обоснована методология компьютерной модели формирования ампелоценозов и управления продукционным потенциалом винограда. Выстроен алгоритм формирования и управления ампелоценозами на основе математически выраженных зависимостей и устойчивых взаимосвязей в системе «растение – среда обитания». Практическая апробация компьютерной модели подтверждает рабочую гипотезу об эффективном управлении процессом создания ампелоценозов, отвечающих современным требованиям устойчивого плодоношения, улучшения качества пищевой продукции, энерго-, ресурсосбережения, экологической безопасности.

**Ключевые слова:** виноград, продукционный потенциал, ампелоценоз, среда обитания, компьютерная модель

**Summary.** The methodology of computer model of ampelocenossis formation and management of grapes productional potential is founded. The algorithm of ampelocenossis formation and management on the basis of mathematically expressed dependences and steady interrelations in “plant-environment” system is created. Practical approbation of computer model confirms a working hypothesis about effective control of creation process of ampelocenossis, corresponding to the modern requirements of steady fructification, improvement of food products quality, power-resource-saving and ecological safety.

**Key words:** grapes, productional potential, ampelocenossis, environment, computer model

**Введение.** Современное российское виноградарство представляет собой динамично развивающуюся отрасль сельского хозяйства. В последние годы при государственной поддержке в большинстве регионов юга Российской Федерации стабилизированы площади промышленного возделывания винограда, выросла урожайность, увеличилась закладка молодых насаждений. Положительная тенденция устойчивого развития экономических приоритетов в отрасли виноградарства связана с инновационной активностью хозяйствующих субъектов, достижениями отечественной науки. Практическое применение современных научных разработок показывает высокую функциональную, экологическую, экономическую и социальную эффективность. Потенциал хозяйственной продуктивности большей части возделываемых в настоящее время сортов при их оптимальном размещении достигает в Краснодарском крае 25 т/га, в Ставропольском – 18 т/га [1].

Анализ продуктивности насаждений в Краснодарском и Ставропольском краях показал, что высокий потенциал генофонда винограда и богатые ресурсы агротерриторий южных регионов используется не в полной мере. Уровень реализации хозяйственной продуктивности возделываемых виноградников составляет в Краснодарском крае 58 %, Ставропольском – 62 % [2, 3, 4]. Потери от недобора урожая при низком уровне реализации потенциала хозяйственной продуктивности составляют экономически значимую величину – более 500 млн. руб./год.

Главной задачей в этих условиях является разработка методов автоматизированного проектирования элементов ампелоценоза и управления технологическими процессами, обеспечивающими заданный уровень продуктивности, ресурсоемкости, экологической и пищевой безопасности; оптимизация структуры и технолого-экономических параметров ампелоценозов; переход на новый уровень высокоэффективных технологий, отвечающих требованиям конкурентоспособного производства.

Новые технологии должны отвечать следующим требованиям:

- полное использование возобновляемых природных источников энергии агротерриторий и генетических ресурсов винограда в производственном процессе;
- высокая адаптация сортов и клонов к лимитирующим факторам и стрессовым условиям среды произрастания;
- возможность точного определения потребностей растений и их бездефицитное обеспечение ресурсами для максимальной реализации производственного потенциала ампелоценозов;
- стабильность плодоношения и высокое качество винограда;
- энерго-, ресурсбережение;
- экологическая безопасность.

Реализация указанных требований при переходе на новый уровень технологий возможна на основе системного подхода на этапах создания и эксплуатации ампелоценозов, оптимизации элементов прецизионных технологий.

Новизна исследований состоит в создании методов автоматизированного проектирования конструктивных элементов и биоинформационных технологий управления производственным потенциалом ампелоценозов в эколого-динамических условиях среды обитания винограда.

**Объекты и методы исследований.** В проводимых нами исследованиях применены современные аналитические, статистические, логические методы исследований, имитационное динамическое моделирование, в том числе использованы корреляционная взаимосвязь, парная и множественная регрессия.

**Обсуждение результатов.** Ампелоценоз представляет собой сложную, многокомпонентную, функционально направленную биолого - экологическую систему. Основными взаимодействующими компонентами такой системы является виноградник с его структурными элементами, с одной стороны, и природные и антропогенные факторы, с другой. Компоненты системы находятся в тесной взаимосвязи и несут определенную функциональную нагрузку. Каждый в отдельности и во взаимосвязи они оказывают влияние на функционирование ампелоценоза, реализацию его производственного потенциала.

В период синтеза органической массы в ампелоценозах вовлекается большое количество факторов природного и антропогенного происхождения, используются накопленные знания при формировании высокоэффективных биолого-экологических систем. Эффективным инструментом формирования таких систем является компьютерное моделирование на основе электронных баз данных.

Компьютерное моделирование обеспечивает эффективное использование ресурсного потенциала агротерриторий и генофонда винограда в производственном процессе, соблюдение требований прецизионности технологий возделывания, наиболее полное вовлечение массива новых знаний при создании ампелоценозов и их оптимизации на этапе эксплуатации насаждений.

Предлагаемая компьютерная модель носит системный характер и состоит из 5 взаимосвязанных блоков:

- электронная база данных;
- мониторинг и диагностика;
- СУБД (система управления базами данных);
- оптимизированные по критериям прецизионности структуры и параметры ампелоценозов;
- официальный сайт в сети Интернет (рис. 1).

*База данных* – специальным образом организованная совокупность взаимосвязанных данных. Функции базы данных: сбор, хранение, поиск, обработка информации, ее эффективное использование в автоматическом режиме для различных целей.

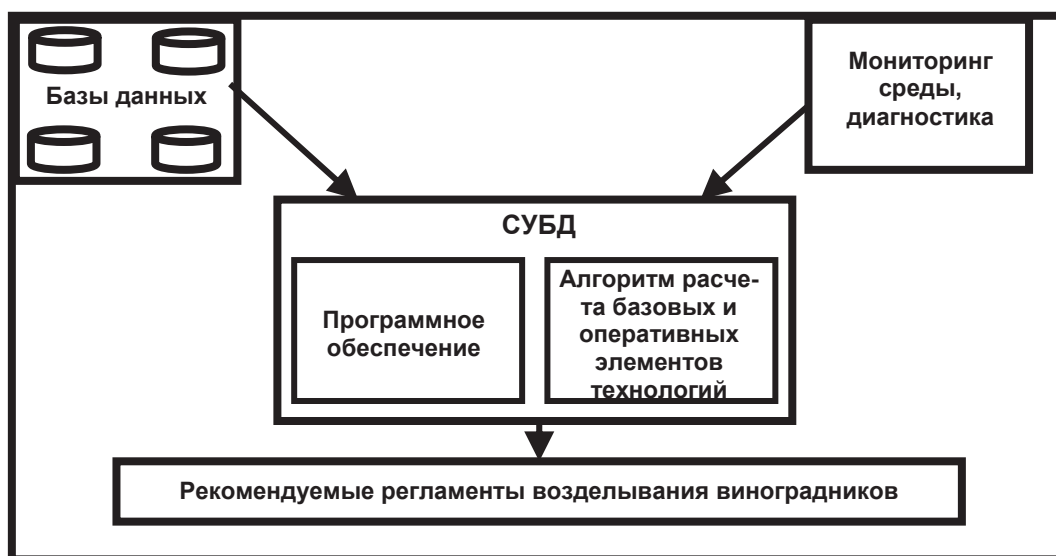


Рис. 1. Функциональная схема компьютерной модели биоэкологической системы ампелоценозов

Автоматизация информационных систем осуществляется с помощью компьютера, при этом данные хранятся во внешней памяти компьютера, а обработка осуществляется с помощью компьютерных программ.

Для базы разработана своя логика внешнего пользователя, которая включает понятия: информационная структура, операции, выборки, обновление, удаление данных. Все данные хранятся в базе данных в соответствии с определенной внутренней структурой.

Формирование базы данных осуществляется с учетом следующих требований:

- физическая независимость данных от пользовательских приложений;
- возможность совместного доступа к данным нескольких пользователей;
- сокращение убыточности данных вследствие интеграции;
- обеспечение целостности, конкретность данных;
- возможность поддержки транзакций;
- организация защиты баз данных от повреждений;
- возможность сбалансирования противоречивых требований;
- возможность введения стандартизации данных;
- простота обновления;
- высокое быстродействие;
- дружелюбный интерфейс.

Необходимость использования в данной модели баз данных обусловлено наличием огромного массива научной информации, практического опыта, технических решений, необходимых для формирования ампелоценозов и оптимизации регламентов выращивания винограда. Информация, содержащаяся в базе данных настоящей модели, объединена в четыре группы:

– *ресурсный потенциал агротерриторий*: в этой группе сосредоточены сведения по основным агроэкологическим зонам промышленного возделывания винограда о климате (осадки, сумма тепла, минимальные температуры воздуха, абсолютный минимум температур, повторяемость минимальных температур), почвах (типы почв, химический состав, физические свойства, механический состав), рельефе и др.;

– *генетические ресурсы*: эта группа содержит информацию о сортах и клонах подвоев и привоев, включенных в Госреестр, дана их подробная характеристика – фотографии, оригинаторы, год включения в Госреестр, хозяйственно-биологические сведения, адаптивный потенциал в экстремальных условиях природной среды, качественные показатели винограда, рекомендуемые зоны размещения и т.д.;

– *технические решения на этапе создания и эксплуатации виноградников*: здесь собрана вся информация о структуре насаждений, широко применяемых технологиях и новых перспективных технических решениях, оптимизированных на основе научных исследований с учетом почвенно-климатических условий зон возделывания и направлений использования урожая;

– *оптимизированные регламенты агротехнологий*: в этой группе собрана информация о регламентах агротехнологий, применяемых на этапе эксплуатации насаждений – системы формирования и ведения виноградных кустов, содержания и обработки почвы, применения удобрений и подкормок, орошения, защиты растений от болезней и вредителей, контроль качества экологии и получаемой продукции. Регламенты могут изменяться в зависимости от назначения продукции, состояния растений винограда, среды произрастания на начало вегетации насаждений.

*Мониторинг среды и диагностика*. Регламенты выращивания винограда не могут быть одинаковы для всех типов ампелоценозов и корректируются с учетом изменений среды произрастания, состояния растений и обеспечения их функциональных потребностей. Оптимизация элементов технологий осуществляется отдельно на этапах создания и эксплуатации насаждений по конкретным параметрам диагностики растений и мониторинга среды, как правило, по контролируемым факторам.

Контролируемые факторы на этапе создания насаждений: сумма тепла; минимальные температуры воздуха; количество атмосферных осадков; тип и уровень плодородия почвы; концентрация солей в почве другие. Контролируемые факторы на этапе эксплуатации виноградников: плотность посадки кустов; физиологическое состояние растений; эмбриональная плодоносность; запасы почвенной влаги и элементов питания; фитосанитарное состояние растений; планируемый урожай и качество винограда; другие.

СУБД – важная часть модели, включающая сложный комплекс компьютерных программ и аппаратных средств. При выборе СУБД для модели были рассмотрены несколько вариантов: PostgreSQL, Microsoft SQL Server, MySQL и Oracle. Менее известные СУБД не рассматривались, так как нет возможности в полной мере оценить их сильные и слабые стороны. MySQL является наиболее приспособленной для применения в среде web СУБД. Среди множества причин, по которым именно MySQL использовалась в разработке проекта, важнейшими являются следующие: высокая производительность, низкая стоимость, простота конфигурирования и изучения, переносимость, доступность исходного кода.

Функции СУБД:

- обработка пользовательских запросов;
- СУБД должна уметь определять: схемы, подсхемы, отображать данные в исходной форме, преобразовывать определения в откомпилированную форму;
- СУБД должна уметь обрабатывать запросы: планируемые – необходимость разработки была предусмотрена заранее; регламентируемые – должны выполняться максимально производительно; не планируемые – ранее не были предусмотрены и создаются в процессе выполнения;
- безопасность и целостность данных;
- восстановление и дублирование баз данных;
- функция управления параллельным доступом;
- все функции должны выполняться с наивысшей производительностью.

### Программное обеспечение

Функции программного обеспечения:

- отображать всю находящуюся в базе данных информацию;
- отбирать данные, удовлетворяющие определенным условиям;
- группировать и сортировать данные по запросам;
- считать итоговые значения по группам и в целом;
- оптимизировать технологии отдельно на этапах создания и эксплуатации насаждений, формировать структуру ампелоценозов;
- создавать формы для отображения данных, понятные для восприятия.

*Алгоритм оптимизации элементов технологий.* Алгоритм в данной модели определяет последовательность формирования элементов технологий и обеспечивает их оптимизацию. Алгоритм состоит из двух частей. Отдельно для базовых элементов технологий на этапе создания ампелоценозов и оперативных – на этапе эксплуатации виноградников. Базовые элементы технологии в данной модели отражены последовательно, начиная с подбора сортов и подвоев, их размещения и т.д. (рис. 2).

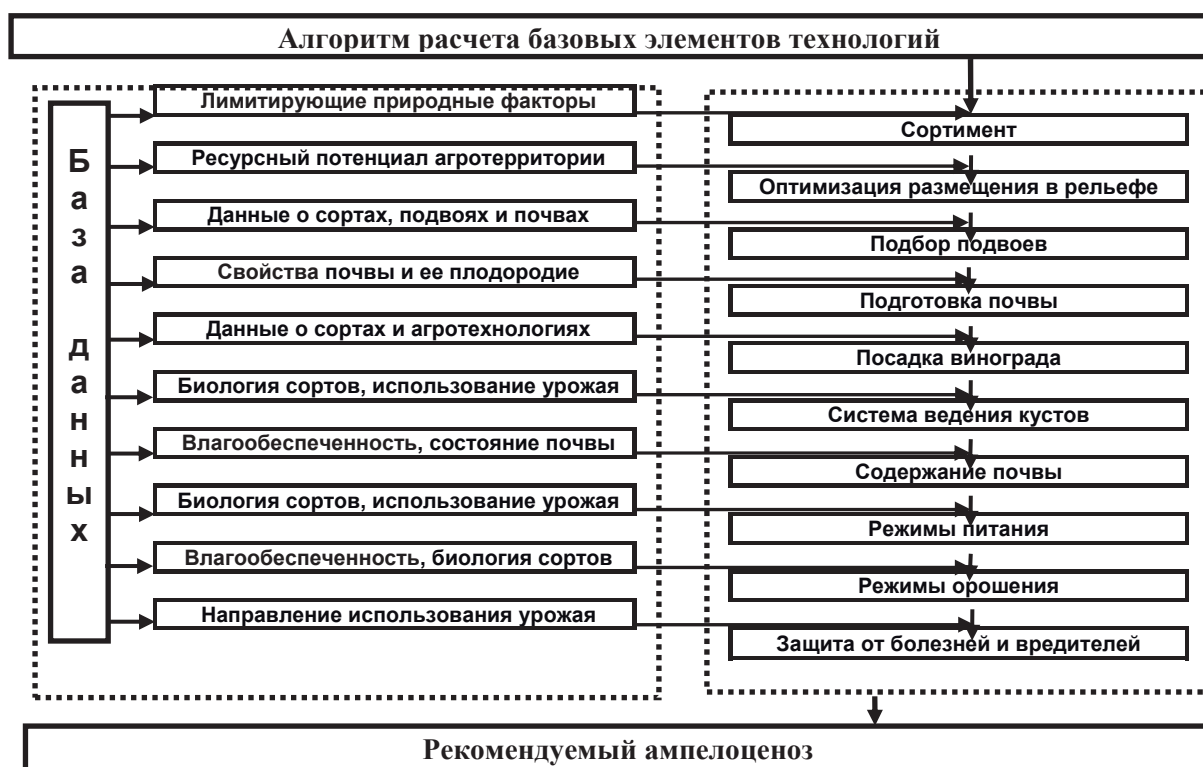


Рис. 2. Алгоритм расчета базовых элементов технологий

Базовые элементы технологии закладывают основы основы высокоэффективного, функционально направленного возделывания, устойчивого плодоношения и получения винограда высокого качества, являются фундаментом для оперативных элементов технологий на период промышленной эксплуатации насаждений.

Оптимизация параметров базовых элементов технологий осуществляется на основе критериев и параметров, которые берутся из базы данных. Используя научно-обоснованные критерии, компьютер в автоматическом режиме оптимизирует и предлагает биолого-экологическую систему – ампелоценоз, оптимизированный по структурному составу, подвойно-привойным соотношениям, базовым элементам технологий, отвечающий требованиям прецизионности.



Алгоритм оперативных элементов технологий идентичен предыдущему. Оптимизация элементов технологии, регламентов возделывания винограда на этапе эксплуатации виноградников осуществляется с использованием современной информации, заложенной в базе данных, а также на основе мониторинга и диагностики состояния растений на начало вегетации (рис. 3).



Рис. 3. Алгоритм расчета оперативных элементов технологий

Все критерии, заложенные в модели для оптимизации элементов технологий, имеют научное обоснование. Обоснование критериев выполнено на основе математически выраженных зависимостей путем сравнительного анализа теоретических расчетов и экспериментальных данных. Для моделирования и оптимизации элементов технологии использовали те зависимости, которые давали наибольшую сходимость теоретических расчетов и фактических данных в эксперименте.

Некоторые элементы технологий не имеют математического описания: например, системы содержания почвы и защиты растений от болезней и вредителей. Защита растений от болезней и вредителей в данной модели строится на основе показателей устойчивости конкретного сорта к болезням и вредителям и методических рекомендаций по защите (регламенты применения препаратов, их дозы и сроки).

*Рекомендуемый регламент возделывания винограда.* Этот блок является итоговой частью модели. Регламент, рекомендуемый для практического применения при выращивании винограда с заданными параметрами в конкретных условиях, оптимизируется в соответствии с алгоритмом на основе информации, хранящейся в базе данных, а также с учетом мониторинга ресурсного потенциала агротерритории, состояния среды произрастания и диагностики самого растения на начало вегетации. Этот блок представлен в базе данных специальными формами.

В данных формах пользователю предлагается ввести исходные данные мониторинга среды и диагностики растений. После ввода данных компьютер по заложенной программе производит расчет и предлагает оптимизированные технологические решения.

Таким образом, представленная модель аккумулирует в базе данных практически всю современную информацию, необходимую для формирования устойчивых ампелоценозов, оптимизации технологий и управлении продукционным потенциалом винограда.

*Официальный сайт в сети интернет.* Официальный сайт в сети Интернет является наиболее удобной формой получения информации. В сайте закладывается два вида информации: общедоступная и специальная.

Общедоступная информация имеет открытый доступ для всех заинтересованных лиц и включает: сведения о ресурсном почвенно-климатическом потенциале агротерриторий; сведения о сортах – происхождение, адаптивный, биологический, хозяйственный потенциал; размещение по административным единицам и агроклиматическим зонам; занимаемые площади; продуктивность; качественные показатели; другое.

Специальная информация имеет защиту и предоставляется только по запросу владельца виноградников. Она включает: оптимизированные регламенты на этапе создания виноградников; оптимизированные регламенты на этапе эксплуатации виноградников; мониторинг; диагностика.

Для эффективного функционирования сайта группа сотрудников на основе постоянно действующих мониторингов – состояния среды агротерриторий; новых технических решений; регламентов; генофонда и новых знаний – постоянно обновляет базу данных, способную предоставить всю необходимую информацию конкретному заказчику. Площадь информационного обслуживания территории не имеет ограничений. Это может быть целый регион, большой массив промышленных виноградников, квартал, клетка, участок ЛПХ.

**Выводы.** Компьютерное моделирование высокоточных биолого-технологических систем – ампелоценозов раскрывает широкие возможности повышения эффективности практического использования природного почвенно-климатического потенциала агротерриторий, генетико-биологических особенностей сортов и технологических решений в продукционном процессе. С помощью математических моделей, баз данных и сети Интернет управление продуктивностью ампелоценозов становится более точным и эффективным, соответственно требованиям прецизионных технологий.

### Литература

1. Егоров, Е.А. Потенциал продуктивности винограда: проблемы его реализации на промышленных насаждениях юга России / Е.А. Егоров, В.С. Петров, М.И. Панкин // Виноделие и виноградарство. – 2007. – № 3. – С. 7.
2. Петров, В.С. Совершенствование сортимента винограда в Краснодарском крае / В.С. Петров, Е.Т. Ильницкая, Т.А. Нудьга [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – № 15(3). – С. 51-60. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/12/03/06.pdf>.
3. Панкин, М.И. Формирование продуктивных виноградников на основе оптимизации сортимента / М.И. Панкин, В.С. Петров // Критерии и принципы формирования высокопродуктивного виноградарства. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной памятной дате – 85-летию со дня образования Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия. 2007. – С. 208 – 218.
4. Петров, В.С. Основные тенденции и характер изменений сортимента столовых сортов винограда на юге России / В.С. Петров // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2013. – № 21(3). – С. 62-74. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/13/03/07.pdf>.