

UDK. 635.934.7.

## ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ ЛЕСОВ

Яхяев Хашим Касимович, профессор, Нафасов Зафар Нурмахмадович, д.с.х.н.

НИИ карантина и защиты растений, [hashimkasim@yandex.com](mailto:hashimkasim@yandex.com)

*Annotation. The issues of developing mathematical models for predicting the development and spread of pests of forestry crops, built on the basis of the specifics of populations, the nature of their reactions to environmental factors, are considered, which makes it possible to simulate the dynamics of pest populations and effectively manage them. The ways and principles for choosing significant factors in the development of mathematical models are given, as well as issues of zoning territories according to their weather and environmental characteristics.*

**Key words:** pests, mathematical models, significant factors, zoning territories, population dynamics.

На современном этапе специализации и интенсификации земледелия, в связи с необходимостью общего совершенствования стратегии и тактики защиты растений, резко возросло значение прогнозов распространения и развития вредных организмов лесохозяйственных культур. Использование математических методов, построенных на основе специфики популяций, характера их реакций на факторы среды, дает возможность моделировать динамики популяций вредных объектов и эффективно управлять ими. В настоящее время при очень больших капиталовложениях на защиту лесов ошибки в прогнозе или выборе метода управления могут обойтись весьма дорого.

Проблема защиты лесов от вредных организмов является одним из важнейших проблем, затрагивающих интересы государства. Вместе с тем стало очевидным, что без объективной информации о состоянии вредных организмов лесохозяйственных культур с одной стороны, окружающей среды и тенденциях ее изменения с другой стороны, практическая реализация мер защиты невозможна.

Поэтому создание систем экологического мониторинга развития, распространения и вредоносности вредных организмов лесохозяйственных культур и окружающей среды является необходимым и своевременным. В научном и организационном плане задача весьма трудная и более того, требует привлечения к ней широкого круга специалистов различных областей знания. Это порождает определению необходимых понятий, терминов и методов взаимопонимания, сопоставления и обобщения результатов, получаемых исследователями, по оценке состояния вредных организмов и тенденций их изменения. Однако общепринятой концепции, единой программы и методологии мониторинга до сих пор не существует.

Исходя из вышеизложенного в данной статье рассматриваются:

- разработка методологии выбора существенных факторов при прогнозировании динамики популяций вредных организмов;
- методы фитосанитарного районирования территорий с использованием алгоритмов распознавания образов;
- вопросы создания и организации экологического мониторинга и прогнозов развития вредных организмов.

**Методология выбора существенных факторов при прогнозировании динамики популяций вредных организмов.** Для эффективного управления растениеводством требуется своевременный сбор и обработка обширной агротехнической, агроэкономической, агрометеорологической и агроэкологической информации. Сбор, хранение и соответствующая обработка перечисленных выше информаций необходимы для принятия оптимальных решений. Сбор такой разнокачественной и обширной информации и решение прогностических задач требует огромных трудовых затрат. В этой связи возникают задачи разработки механизированных систем сбора данных, совершенствования методов прогноза с ориентировкой на более доступные виды исходной информации и использования современной вычислительной и микропроцессорной техники для обработки, хранения информации и создания базы данных (БД).

Более того, математическое моделирование процесса динамики популяции вредных объектов представляет собой сложный многофакторный комплекс, где наряду с существенными факторами действуют менее существенные и незначимые. Очень часто математическая модель и эмпирическая кривая не совпадают из-за того, что наличие незначимых факторов затемняют основные стороны исследуемого процесса и некоторые существенные факторы, придающие данному процессу определенный характер, могут быть не учтены. Кроме того, многочисленность факторов способствует резкому возрастанию объема работ, связанных со сбором и обработкой информации. Ввиду этих обстоятельств при моделировании динамики популяций сельскохозяйственных вредителей целесообразны разбиение всего факторного процесса на области существенных, менее существенных и незначимых факторов. Решение указанной задачи намного облегчится, если ввести некоторую количественную меру для оценки значимости того или иного фактора.

**Фитосанитарное районирование территорий по лесохозяйственным вредителям.** Районирование лесохозяйственных территорий по погодным и экологическим характеристикам являются необходимыми звенями в научном познании непрерывно окружающей среды. Работы в этом направлении имеют большое практическое значение, поскольку районирование выступает в качестве существенного элемента во многих исследованиях, в частности при прогнозировании развития популяций лесохозяйственных вредителей, размеров зараженных площадей вредителями, даты появления вредителей, планирование мероприятий по борьбе с вредителями, при анализе причин вспышек размножения вредителей и т.п.

Для решения задач районирования в защите лесов используется класс алгоритмов распознавания образов, основных на вычислении оценок [1-3,7,12]. При этом используется классификация объектов без эталона. Задача самопроизвольного разбиения множества объектов решается при помощи алгоритмов вычисления оценок с использованием некоторых количественных мер, характеризующих информативность, как признаков, так и самих объектов.

Информативность объекта получается по их информационным весам, которые упорядочиваются по убыванию.

**Формирование прогнозных моделей динамики популяций лесохозяйственных вредителей.** На вредителей и болезней лесохозяйственных культур большое влияние оказывают не только приемы выращивания, но также меры борьбы с ними. В условиях современных тенденций технологии земледелия и концентрации производства, программирование и др. фитосанитарные проблемы еще более усложняются. Это требует усиления исследований по разработке автоматизированных и дистанционных методов по сбору, хранению и оценке данных о фитосанитарном состоянии лесохозяйственных культур в целях повышения достоверности и оперативности прогнозов развития вредных организмов.

Математические методы прогнозирования динамики популяций лесных вредителей заключается в использовании имеющихся данных о характеристиках прогнозируемого объекта, обработке этих данных математическими методами, в получении зависимости связывающей эти характеристики со временем и вычислении с помощью найденной зависимости характеристик изучаемого объекта в заданный момент времени.

Популяция вредителей может рассматриваться как некоторый процесс [7]. Совокупность параметров ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) и ( $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ ) образует вход объекта исследований и совокупность ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$ ) - выход. Выход объекта связан с его входами определенным образом, например, с помощью оператора  $F$ , т.е.  $Y = F(V, Z)$ , который характеризует структуру данного объекта.

Отыскание количественной связи, т.е. полное раскрытие оператора  $F$  и составляет сущность задачи рассматриваемого объекта. В результате моделирования получается математическая модель этого объекта.

В выражении множество  $V$  образует (в терминах экологии) совокупность биотических факторов,  $Z$  - совокупность абиотических факторов, а  $Y$  -

совокупность факторов, характеризующих популяцию вредителей. Ими могут быть такие показатели, как численность (плотность) вредителей, размеры зараженных площадей лесохозяйственных культур вредителями, сроки (даты) появления вредителей и т.д.

**Создание и организация экологического мониторинга развития вредных организмов.** Экологический мониторинг - комплексная система наблюдений, слежения, оценки и прогноза изменений состояния посевов и насаждений под влиянием естественных и антропогенных факторов. Вся система мониторинга делится на уровни и разделы. Уровни экологического мониторинга по масштабам обобщения информации – глобальный, региональный, локальный. Разделы экологического мониторинга определяются спецификой параметров и методов наблюдения и оценки: биологический, экологический, экономический. Такое деление по горизонтали и вертикали, на наш взгляд, охватывает полностью всю систему экологического мониторинга.

Главной задачей мониторинга считается получение объективной информации об изменениях биологических, экологических и экономических параметров природной среды в глобальном, региональном и локальном масштабах как единственной основы для принятия решений по защите деревьев и насаждений от вредных организмов [4-8,11].

Первичной организационной и функциональной ячейкой экологического мониторинга являются региональные пункты «наблюдателей», которые проводят наблюдения на стационарных и посевных площадях, оценивая состояние посевов и насаждений. Специалисты обобщают информацию и оценивают состояние среды на территории своего региона и передают данные в центр мониторинга, где концентрируется информация всех регионов, на основе которой дается оценка состояния среды на территории республики.

В последние годы, все большее распространение получают биологический и микробиологические методы борьбы с лесохозяйственными вредителями, как

наибольшим образом удовлетворяющий принципам охраны окружающей среды. Для этого необходимо решить вопросы районирования лесохозяйственных территорий по погодным и экологическим характеристикам, которые являются необходимыми звеньями в научном познании непрерывно окружающей среды. Работы в этом направлении имеют большое практическое значение, поскольку районирование выступает в качестве существенного элемента во многих исследованиях, в частности при мониторинге и прогнозировании развития и распространения популяций лесохозяйственных вредных организмов, определении размеров зараженных площадей вредными организмами, даты (сроки) появления вредителей, планировании мероприятий по борьбе с ними, при анализе причин вспышек размножения вредителей и т.п.

## Литература

1. Журавлев Ю.И., Никифоров В.В. Алгоритмы распознавания, основание на вычислении оценок //Кибернетика 1981. - № 3. - С.1-11.
2. Журавлев Ю.И., Камилов М.М., Туляганов Ш.Е. Алгоритмы вычисления оценок и их применение. –Ташкент.Фан. -1984. -119 с.
3. Камилов М.М., Ким А.Н., Бузурханов В. Программный распознавающий комплекс, основанный на алгоритмах вычисления оценок (ПРАСК) // Алгоритмы и программы. -Ташкент: РИСО АН УзССР. 1974. - вып.17. -С.3-33.
4. Поляков И.Я. Экологический мониторинг в защите растений и принципы его автоматизации / В кн.: «Пути автоматизации фитосанитарной диагностики». – Л., изд-во ВИЗР. 1985. - С. 7-15.
5. Санин С.С., Макарова А.А. Биологические, агроэкологические аспекты фитосанитарного мониторинга. // Вестник защиты растений, - СПб, Пушкин, 1999, - № 1, - С.62-66.
6. Хохлачева Г., Пендер Д. Казахстанская информационная система борьбы с саранчовыми (КИСБС) // Защита и карантин растений в Казахстане. 2003. - № 1. – С.15-19.

7. Яхяев Х.К. Разработка научных основ автоматизации прогнозирования и управления вредными объектами сельскохозяйственных культур: Дисс. на соис. уч. степ.док. с.-х. наук. - Ташкент, 1994, - 291 с.

8. Яхяев Х.К., Холмурадов Э.А., Вафоев А.К. Экологический мониторинг и прогноз – основа защиты растений (обзорн. Информ.). -Ташкент, 2005, - 56 с.

9. Яхяев Х.К., Холмурадов Э.А. Автоматизация прогнозирования развития и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. - Ташкент, -«ФАКК», - 2005, - 169 с.

10. Яхяев Х.К., Нафасов З.Н., Обиджанов Д.А. Научные основы выбора существенных факторов при прогнозировании и районирования лесных территорий// “Barqaror o’rmonchilik” 3-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari 2023-yil 3-4-noyabr. “Science and Innovation” xalqaro ilmiy jurnalining maxsus son. Toshkent davlat agrar universiteti 2023-yil 3-4-noyabr. – Б.293-300.

9. Yakhyayev Kh.K., Abdullaeva Kh.Z. Theoretical foundations for constructing mathematical models of development and distribution of crop pests// International scientific journal «Science and innovation», v.2D, -2023, - p. 200 -217.