

## ЛЕКЦИЯ 2, 3

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗОВ И СИГНАЛИЗАЦИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

#### ВОПРОСЫ:

1. Понятие об экологическом мониторинге
2. Основные положения современной теории долгосрочных прогнозов
3. Основные положения теории многолетних прогнозов
4. Основные положения теории сигнализации
5. Предикторы прогноза и сигнализации

#### **1. Понятие об экологическом мониторинге**

Бурное развитие технического прогресса сопровождается все возрастающим преобразованием экологической обстановки в глобальном масштабе. Давно возникла необходимость в организации планомерного изучения, и учета воздействия технического прогресса на биосферу в целях прогноза складывающихся тенденций и обоснования путей управления ими. Только это предотвратит подрыв сложившихся механизмов гомеостаза (динамического равновесия) в природе. Эта работа начата во всем мире (пока в рамках ограниченных регионов, что снижает ее эффективность).

*Совокупность методов выявления изменений экологической обстановки, вызываемых деятельностью человека, и путей ее рациональной оптимизации получила название экологического мониторинга.*

Его организация в глобальных масштабах затрудняется не только принадлежностью государств к различным социально-экономическим системам, но также отсутствием приемлемой теоретической концепции для проведения этой работы.

Фитосанитарная диагностика при современных масштабах применения химических средств защиты растений и удобрений становится важнейшим разделом глобального экологического мониторинга. Она включает сбор необходимой информации, ее обработку, принятие решений и пути их реализации. Это позволяет ее назвать фитосанитарным мониторингом. В соответствии с этим подбираются методы и технология сбора информации, обработки и обобщения данных, вырабатываются рекомендации и осуществляется контроль эффективности их применения.

В каждой стране фитосанитарный экологический мониторинг складывается с учетом исторических, экономических, социальных, технических и теоретических предпосылок. С учетом этого вырабатываются программы и организуются научные разработки, нацеленные на его методическое обеспечение и совершенствование.

В то же время в защите растений экологический мониторинг постепенно приобретает все более выраженное интернациональное значение. В рамках

Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) согласованно разрабатывают и совершенствуют фитосанитарную диагностику и используют получаемые данные для оптимизации системы защиты растений от вредных организмов. Страны Европы и Средиземноморья создали специальную организацию — Европейскую Организацию Защиты Растений (ЕОЗР), — содействующую использованию передового опыта в сфере защиты растений, в том числе в области фитосанитарной диагностики и прогноза состояния фитосанитарной обстановки. Периодически проблемы защиты растений и пути их разрешения рассматриваются на международных конгрессах, которые вырабатывают методические и организационные рекомендации.

Первое — обоснование любой формы прогнозов становится возможным только при достаточно полном представлении о закономерностях динамики изменчивости прогнозируемых явлений и причин, ее определяющих. Это позволяет установить содержание необходимой информации, сроки ее получения, порядок анализа и обобщения всех данных для принятия прогностических решений.

Второе — методы сбора и обработки информации, необходимой для любой формы прогнозов, должны учитывать биологическую природу объекта, назначение собираемых данных и степень их точности, т.е. соответствия получаемых данных состоянию учитываемых явлений в природе.

Третье — разработка методов любых форм прогнозов и их информативного обеспечения базируется на знании экологии и физиологии каждого вредного вида, фактической многолетней динамики тех процессов, которые необходимо прогнозировать, а также изменчивости во времени и пространстве состояния тех факторов, которые способны влиять на ход прогнозируемых процессов.

Сама идея использования прогнозов фитосанитарной обстановки для обоснования планирования и организации работ по защите растений возникла только на определенном уровне изученности экологии и физиологии вредных организмов, примерно 50 лет назад.

Теоретические основы прогнозирования распространения вредных организмов, методов сбора необходимой информации и ее использования были предметом дискуссий ученых, придерживающихся различных общебиологических и экологических концепций.

В основном различались теоретические представления по следующим вопросам:

1. Экологические механизмы приспособительной изменчивости вредных организмов и роль среды в формировании фенотипа популяций с разным типом эволюции (разных жизненных форм).
2. Биологическая, генетическая и пространственная сущность структуры и динамики популяций, ее специфика у разных жизненных форм.
3. Факторы (причины), определяющие динамику популяций, их взаимодействие; иерархия и механизмы влияния.

4. Специфика агроценозов в сравнении с биогеоценозами в отношении проявления влияния факторов; среды на межвидовые отношения и их роль в динамике популяций вредных видов — фитофагов.

5. Содержание и форма прогнозов различных аспектов фитосанитарной обстановки, сама возможность их и степень заблаговременности.

Различие теоретических представлений по отмеченным основным (базовым) положениям определяло своеобразие подходов к организации исследований, трактовке получаемых данных, их методическому обобщению. Разработка экологического мониторинга в сфере защиты растений от вредных организмов сопровождалась возникновением научных школ, что формировало базу для разрешения дискуссионных положений в результате интенсивных исследований, принципиального подхода к теоретическим, методическим и технологическим решениям.

## **2. Основные положения современной теории долгосрочных прогнозов**

Разработка теоретических предпосылок фитосанитарного мониторинга сочеталась с практическим использованием прогнозов для планирования и организации защиты растений. В соответствии с этим проводилось последовательное совершенствование организации и кадрового обеспечения государственной и внутрихозяйственной системы получения исходной информации, необходимой для составления прогнозов. Сочетание научной разработки проблемы прогнозов с широкой практической проверкой обобщений и основанных на них методических и технологических рекомендаций производству создало условия для высокой эффективности этих исследований.

Формой существования любого вида животных или растений является популяция — пространственная группировка особей вида, занимающая часть его ареала или только биотоп. Ее свойства (морфофизиологические, поведенческие) формируются под влиянием тех экологических условий, которые складываются в занимаемом ею регионе или биотопе. Поэтому популяции вида характеризуются фенотипической или генотипической специфичностью (морфологией, физиологией, темпами онтогенетического развития, плодовитостью, выживаемостью, устойчивостью к воздействию различных неблагоприятных факторов, диапазоном и темпами изменения плотности поселений и заселяемости отдельных биотопов, другими показателями).

Темпы изменчивости свойств популяций зависят от того, как быстро у них могут перестраиваться реакции на факторы среды.

У видов с очень изменчивой (лабильной) реакцией специфичное состояние популяций изменяется быстро (в пределах сезона). У таких видов популяции, заселяющие отдельные биотопы, могут различаться по морфофизиологическим признакам. Именно такая изменчивость популяций присуща большинству видов вредных организмов. У видов с замедленной реакцией на изменчивость факторов среды популяции характеризуются устойчивостью

морфофизиологического состояния. У них отмечаются только географические популяции; в пределах отдельных биотопов выявить их специфичность не удастся. Между формами лабильными и устойчивыми имеются переходные. Поэтому в природе для каждого вида складывается своеобразная пространственная структура.

Динамика популяций вредных видов проявляется в изменении заселенности ими различных сельскохозяйственных угодий (в том числе посевов разных культур или одной культуры, но различных сортов, сроков посева и состояния растений). Этот показатель получил название динамики пространственной структуры популяций и имеет определяющее значение для характеристики общего уровня численности вида в регионе и в конкретном сезоне. Динамика популяций сопровождается изменением их возрастного состава, плотности поселений вредителей в заселяемых биотопах (сельскохозяйственных угодьях, посевах, насаждениях) и интенсивности развития болезней.

Динамика пространственной структуры популяций и плотности заселения биотопов является следствием изменчивости морфофизиологического состояния особей.

Эта изменчивость вызывается и определяется влиянием энергетических ресурсов (кормовой базы) и климатических факторов в периоды прохождения особями, составляющими популяцию, определенных фаз онтогенеза. У патогенов динамика популяций связана с изменчивостью их вирулентности, определяемой степенью оптимальности для них субстрата (в частности сортовых особенностей растений) и климатических факторов, от которых зависит протекание инкубационных периодов и возможность перезаражения растений.

Морфофизиологическая изменчивость популяций, обуславливающая динамику их распространения, имеет фенотипический характер и обычно не связана с перестройкой генотипа популяции, хотя в некоторых случаях (например, появление новой расы патогена) может быть связана и с ней. В норме формируется новый фенотип популяции, связанный с перестройкой ее реакции на среду под влиянием воздействий определенных факторов в процессе онтогенеза каждой выжившей особи, составляющей популяцию.

Диапазон фенотипической изменчивости определяет плодовитость, размеры и соотношения массы тела и органов, накопление резервов в организме, степень устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов среды (в том числе и к пестицидам), общий характер реакции на их изменчивость.

Главными факторами, направляющими эволюцию видов на Земле, были и остаются климатические условия и энергетические ресурсы. Выживали только те формы, которые были способны обеспечить положительный энергетический баланс, т.е. количество энергии, получаемой с кормом или синтезируемой растениями, должно превышать все потребности жизнеобеспечения, в том числе расходы энергии и накопленных резервов на

размножение. При отрицательном балансе популяция и вид вымирают. Сложилось два пути эволюции. Один вел к преодолению зависимости от меняющихся в природе состояний климатических факторов и энергетических ресурсов, к стабилизации распространения и к специализации.

В итоге при дальнейших существенных изменениях климата и энергетической базы такие специализированные формы оказывались лишены возможности к ним приспособляться и вымирали. Второй путь вел к сохранению высокой чувствительности видов к климатическим факторам и энергетическим ресурсам. Это обуславливало большую динамичность распространения их популяций и сохранение возможностей приспособления к новым экологическим перестройкам среды. За счет этих форм, не потерявших способности к микроэволюции, сохраняется жизнь на Земле.

Динамика пространственной структуры популяций, складывающийся в процессе ее характер внутривидовых и межвидовых отношений отражают тип приспособления (жизненную форму) вида к меняющимся во времени и в пространстве состояниям энергетических ресурсов и к климатическим факторам. У жизненных форм, сохраняющих наибольшую чувствительность к состоянию климатических факторов и энергетических ресурсов среды, отмечается наиболее сложная и динамичная пространственная структура популяций. Им свойствен самый широкий диапазон фенотипической изменчивости (самая большая ее емкость). Как следствие этого им присуща наибольшая динамика всех параметров структуры популяций. Вредители и болезни растений относятся к категории жизненных форм с большой емкостью фенотипической изменчивости.

Значение биотических факторов (хищники, паразиты, патогены для вредителей, антагонисты для возбудителей болезней, внутривидовые отношения), влияющих на выживаемость популяций вредных видов, проявляется в зависимости от степени оптимальности условий, определяющих интенсивность их размножения. При благоприятном сочетании условий для интенсивного размножения популяций вредных видов хищники, паразиты, патогены не определяют их динамику. Только при неблагоприятных условиях питания и экстремальном состоянии климатических факторов, вызывающих спад интенсивности размножения вредителей и патогенов, усиливается влияние биотических факторов на динамику популяций.

В естественных экосистемах, не тронутых или мало измененных человеком, межвидовые отношения способствуют отбору и закреплению оптимальной нормы реакций видов, входящих в состав биоценоза, на состояние энергетических ресурсов и изменение их доступности во времени. Так, фенология растений, создающих энергетическую базу биоценоза, опережает фенологию фитофагов. Поэтому в норме поедание фитофагами определенной части массы растений не подрывает жизнеспособность последних, а стимулирует накопление ими ресурсов биомассы в такие сроки и в таких размерах, которые обеспечивают выполнение жизненных функций,

несмотря на потери, наносимые фитофагами. Фенология хищников и паразитов, для которых энергетической базой служат фитофаги, ведет к отсечению наименее жизнеспособной части популяции фитофагов, запаздывающих или слишком рано начинающих развитие и активность, что не соответствует оптимальным нормам. В итоге в экосистеме складываются такие взаимоотношения компонентов на энергетической основе и ее балансировании, которые обеспечивают ее устойчивость в целом —гомеостаз.

В агроценозах под влиянием интенсивной обработки почвы и других агротехнических мероприятий, а также строгого регламентирования человеком содержания, развития и сроков доступности энергетических ресурсов для фитофагов (а равно и для патогенов растений) механизмы, обеспечивающие равновесие взаимоотношений в триаде компонентов растение —фитофаг —формы, питающиеся им, оказываются разрушенными. Это обстоятельство также усиливает зависимость динамики популяций вредных видов от состояния энергетических ресурсов и климатических факторов, определяет большой ее диапазон.

Фенотип популяции, определяющий ее морфо-физиологические особенности и характер реакции на среду в данное время, формируется в течение прошедших сезонов.

Экологическая обстановка прошедших сезонов определяет возможности реализации в будущем потенции размножения, выживаемости и формирования всех. Параметров структуры.

Поэтому о тенденциях динамики популяций в следующем году можно судить по их состоянию, сложившемуся в конце вегетационного периода. Основными показателями сложившегося состояния популяций служат их пространственная структура и морфофизиологические особенности. В то же время отмеченное обстоятельство приводит к тому, что реакция популяций на изменение экологической обстановки запаздывает. Поэтому при объективно оптимальных условиях в данное время популяция может быть малочисленной и размножаться слабо, если прошедшие сезоны были неблагоприятными. И наоборот, при объективно неблагоприятной экологической обстановке популяция некоторое время еще может быть многочисленной и размножаться, если предшествующие сезоны были благоприятными. Количественные и морфофизиологические изменения популяций вредителей и патогенов, происходящие в процессе динамики их распространения и развития, выражают смену их фазового состояния и зависят от емкости фенотипической изменчивости вида.

У вредителей выделяют 5 основных фаз динамики популяций.

**Фаза депрессии** наступает вследствие длительного экстремального состояния энергетических ресурсов и климатических факторов. Популяция малочисленна и сохраняется только в местах резервации —биотопах с относительно благоприятной в это время кормовой базой и микроклиматом для вредителей и сохранения заразного начала для болезней. Чем шире в

регионе представлены места резервации вида, тем быстрее и чаще возникают его массовые размножения (эпифитотии).

**Фаза расселения** (подъема численности) у популяций, находящихся в фазе депрессии, наступает в результате образования оптимальной кормовой базы и благоприятного сочетания климатических факторов в местах резервации и за их пределами. Вследствие этого начинается интенсивное размножение, происходит расселение и увеличение численности вида, усложняется структура популяций (пространственная, возрастная, морфофизиологическая), повышается их устойчивость к воздействию факторов смертности.

**Фаза массового размножения** наступает при дальнейшем сохранении благоприятной кормовой базы и оптимального состояния климатических факторов за пределами мест резервации. В этих условиях наблюдается наибольшая плотность популяций, которые достигают предельно сложной структуры, характеризуются высокой интенсивностью размножения и наиболее полным выживанием. Внутривидовые и межвидовые отношения не ограничивают роста численности, уплотнения популяций и расширения заселяемых территорий. Такие популяции имеют повышенную устойчивость к пестицидам, обладают наибольшим запасом выносливости к временным воздействиям неблагоприятных факторов, повышенной резистентностью к патогенам.

**Фаза пика численности** наступает в результате ухудшения кормовой базы и состояния климатических факторов, особенно во временно заселенных биотопах. Размножение затухает и не обеспечивает прироста численности, а смертность возрастает, так как усиливается влияние на популяции межвидовых отношений (хищники, паразиты, патогены), понижается общий запас устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов.

**Фаза спада численности** наступает как следствие продолжающегося экстремального состояния экологической обстановки. Временные поселения, образовавшиеся за пределами мест резервации, вымирают. Запас выносливости популяции к воздействию неблагоприятных факторов становится минимальным. В частности, резко сужается диапазон оптимальных для нее температур среды. Сохраняется популяция только в местах резервации; в итоге наступает фаза депрессии.

В развитии болезней растений, вызывающих эпифитотии, обычно выделяют 3 основные фазы: депрессию, умеренное развитие (соответствует фазе расселения вредителей) и эпифитотию (соответствует массовому размножению). Для хронических, медленно изменяющихся в своем распространении заболеваний можно также выделить 5 основных фаз.

Полная смена фаз динамики популяций наблюдается только при возникновении массового размножения (эпифитотии). Чаще начало нарастания численности вредителя обрывается на фазе расселения (умеренного развития болезней), и снова наступает депрессия. Быстрота перехода популяций из одной фазы в другую зависит от биологической

природы вида — темпов фенотипической перестройки его реакций на среду. У большинства видов вредителей переход из одной фазы в следующую может занимать 1— года и более. В этой связи при разработке прогнозов признано целесообразным выделять промежуточные фазы. Период депрессии разделяют на *депрессию и выход из депрессии*. Фаза расселения разделяется на *начало расселения и расселение*. Фазы массового размножения, пика и спада численности подразделяют на *начало и типичное наступление фазы*. Однако имеются и такие поливольтинные формы вредителей (клещи, тли), у которых в течение одного вегетационного сезона может отмечаться 1 или даже 2 полных цикла динамики популяций. Большой динамичностью фаз характеризуются также патогены, способные вызвать эпифитотии. У таких форм обычно очень скоротечны фазы пика и спада численности, поэтому они не фиксируются.

Прогнозируют на следующий год ожидаемую фазу динамики популяций на основе выявления сложившейся фазы в конце вегетационного периода данного года и с учетом ее состояния в прошедшем году. Сложившаяся фаза определяет характер реакций популяций на среду в будущем году (сезоне) и уровень распространения вида в регионе. Динамика популяции в будущем году по сравнению с данным годом определяется с учетом сложившейся тенденции. Если в прошедшем году был подъем численности, а в текущем году сложилась типичная фаза расселения, то на следующий год прогнозируют начало массового размножения. Если в данном году отмечен переход от фазы расселения к началу массового размножения, то на следующий год прогнозируют фазу массового размножения. При наступлении в данном году пика численности на следующий год прогнозируют его продолжение или начало фазы спада численности в зависимости от биологических особенностей вида. При наступлении в данном году фазы спада численности на будущий год прогнозируют ее продолжение или наступление фазы депрессии. Если два года подряд отмечается типичная фаза депрессии, то и на следующий год прогнозируют фазу депрессии.

У ряда вредных видов, характеризующихся динамичностью распространения, прогнозируемая фаза на будущий год может не сформироваться в результате складывающихся условий зимовки и весеннего периода. Если они благоприятны для вредного вида, то прогноз оправдывается, а если неблагоприятны, то фактическое распространение оказывается на полфазы или на фазу ниже прогнозируемого. Так, при прогнозе фазы начала расселения может быть возврат к депрессии. При прогнозе массового размножения фактически может продолжаться фаза расселения.

При прогнозе депрессии она сохраняется. Все эти положения не являются ошибкой прогноза, и в технологии их составления предусмотрено внесение нужных уточнений. Ошибка может быть допущена только в том случае, если вследствие неполноценной информации оценка сложившегося состояния популяции к концу вегетационного сезона и в прошедшем году

оказалась неправильной. В таких случаях возможны фазы подъема численности и даже массового размножения, когда ожидается депрессия.

Анализ многолетних данных об объемах защитных работ, выполненных в регионе или стране на разных фазах динамики популяции вредного вида, позволяет установить их оптимальный уровень для каждой фазы. В соответствии с этим, прогнозируя ожидаемую фазу динамики популяций, одновременно планируют целесообразный объем обработок на следующий год.

В процессе динамики популяций проявляется иерархия основных групп факторов среды в формировании фазовой изменчивости. Основными являются климатические факторы, так как ими определяются кормовая база (энергетические ресурсы) вида, фенотипическая изменчивость морфофизиологических свойств популяций, межвидовые и внутривидовые отношения. За ними идут энергетические ресурсы, которые также определяют морфофизиологические свойства популяций, внутривидовые и межвидовые отношения. Однако состояние энергетических ресурсов, их доступность и потребность вида в них в значительной мере зависят от состояния климатических факторов.

Межвидовые отношения в этой иерархии занимают третье положение, а внутривидовые — четвертое. Знание экологии и физиологии вида позволяет с приемлемой достоверностью прогнозировать фазовую изменчивость популяций на основе учета состояния климатических факторов в прошедшие сезоны.

По мере расширения и интенсификации сельскохозяйственного производства все большее влияние на формирование вредной фауны и флоры, а также динамику популяций вредных видов оказывают технология и система земледелия в целом и агротехнические мероприятия в частности. Проявляется это влияние по следующим направлениям: 1) формирование пространственного соотношения и жизненной емкости биотопов, пригодных для резервации в фазе депрессии и расселения вредных видов при массовом размножении; 2) формирование энергетических ресурсов, их распределение во времени и пространстве, доступность для использования вредными видами; 3) усиление или ослабление значения складывающихся оптимальных и экстремальных климатических факторов для размножения, расселения и выживания вредных видов в критические периоды их жизненного цикла; 4) формирование условий, определяющих воздействия паразитов, хищников и патогенов на динамику популяций вредителей, а антагонистов — на развитие болезней; 5) воздействие на фенологию вредных видов и складывающиеся их взаимоотношения с повреждаемыми растениями.

В целом агротехнические факторы определяют специфический характер динамики популяций фитофагов и патогенов растений в агроценозах по сравнению с динамикой распространения аналогичных жизненных форм в естественных экосистемах, не преобразованных человеком. Вместе с тем они еще не способны изменить характер проявления иерархии факторов среды на

динамику популяций. Однако не исключено, что в будущем, когда удастся ослабить влияние климатических факторов на формирование урожайности, технология выращивания культуры станет определяющим экологическим фоном для динамики популяций вредных видов.

По мере формирования теории долгосрочных прогнозов создавалась и совершенствовалась система их информативного обеспечения (содержание, сроки и организация сбора информации). Изложенные выше теоретические положения долгосрочных прогнозов служат исходной базой для формирования методов и технологии разработки других форм прогнозов, так как опираются на важнейшие общебиологические и экологические закономерности. Дальнейшее совершенствование и автоматизация разработки прогнозов связаны с использованием новых источников информации, технических средств для ее сбора и обработки, принятия решений и проверки их правильности.

### **3. Основные положения теории многолетних прогнозов**

Методы многолетних прогнозов разрабатывались на той же теоретической базе, что и долгосрочные. Особое значение для выработки технологии их составления имел учет следующих пяти положений:

1. Изменение соотношения площадей и жизненной емкости мест, пригодных для резервации популяций в период депрессии и расселения при наступлении благоприятной экологической обстановки. В зависимости от биологических особенностей вида эти изменения могут происходить под влиянием агротехнических приемов, вводимых в технологию земледелия по мере его интенсификации: орошения или осушения, структуры посевных площадей, занятых разными культурами, степени укрупнения площади отдельных посевов, системы обработки почвы, использования новых сортов, изменения сроков и технологии посева, уборки, хранения и переработки урожая, системы применения удобрений и других подобных причин.

2. Обеспеченность вредных видов энергетическими "ресурсами, степень их оптимальности и доступности. Изменчивость этих показателей может быть связана прежде всего с усилением или ослаблением специализации хозяйств на выращивании определенных культур.

3. Изменение соотношения фенологии вредных видов и повреждаемых растений. У каждого вида растений имеются фазы развития, наиболее чувствительные к повреждениям определенными вредными видами. Агрессивность вредных видов также существенно различается на разных фазах онтогенеза. Обычно личинки старших возрастов наносят в несколько раз больший урон растениям по сравнению с личинками младших возрастов при одинаковой численности. Сдвиги развития растений в сторону ускорения созревания под влиянием погоды, сортовых свойств, сроков посева или агрофона могут лишить вредные виды возможности завершения развития и подготовки их к перезимовке. Удлинение сроков вегетации растений, равно как и затягивание уборочных работ и большие потери урожая, вызываемые

этим обстоятельством, способствуют хорошей подготовке вредных видов к перезимовке, накоплению патогенов растений. Все эти положения учитываются при многолетнем прогнозе изменения экономического значения вредного вида, а также при обосновании путей оптимизации нежелательных тенденций.

4. Оценка перспективы изменения вредоносности отдельных видов с учетом их приспособляемости к новым условиям, создающимся в результате интенсификации сельскохозяйственного производства в отдельных регионах. Сравнительное изучение экологии и физиологии отдельных вредных видов, подвидов и географических популяций показало, что формы с наибольшей изменчивостью реакций на среду, наиболее динамичные в своем распространении, быстрее приспосабливаются к новым экологическим условиям. Они способны интенсивно использовать складывающиеся для них благоприятные условия, что облегчает затем переживание ими воздействия экстремальных условий.

5. Воздействия циклично изменяющейся активности солнечной радиации (7-, 50-, 100-летний циклы). Она существенно влияет на состояние климатических факторов. Однако воздействия на природу результатов производственной деятельности человека оказываются более сильными. Поэтому невозможно использовать циклические изменения активности солнечной радиации в качестве предикторов (показателей) многолетних прогнозов распространения вредных видов. Сопоставление многолетних данных по наблюдениям за динамикой популяций определенных вредных видов и их комплексов с циклами активности Солнца показывает, что там, где в прошлом наблюдалась та или иная степень корреляции, ее сейчас не удастся отметить.

Только для некоторых видов 100-летняя или 50-летняя периодичность изменения радиационной активности Солнца может служить критерием фонового многолетнего прогноза. Изменения активности радиации влияют на норму реакции вида, на факторы, определяющие динамику его развития и распространения. Это приводит к изменению среднего уровня распространения, амплитуды и частоты повторения минимальных и максимальных отклонений от него, что и является содержанием многолетнего прогноза.

Так, установлено, что в Белорусской ССР средняя активность развития фитофтороза на картофеле и амплитуда интенсивности развития заболевания по годам может меняться в связи с 50-летним циклом радиационной активности Солнца.

#### **4. Основные положения теории сигнализации**

Для сигнализации сроков проведения защитных мер на вегетирующих культурах и выявления конкретных площадей посевов (насаждений), где они целесообразны, используют рекомендации, обоснованные долгосрочными прогнозами распространения вредных видов. Вместе с тем разработан ряд специфических методических приемов и технологических решений. К их числу

относятся прогноз фенологии вредных объектов и культурных растений, определение и прогноз вероятных потерь урожая с учетом типа и сроков нанесения повреждения растениям и их компенсаторных возможностей, вероятного воздействия энтомофагов на вредителей при сложившемся соотношении их численности и фенологии, возможности возникновения эпизоотии в популяции фитофага с учетом ее морфофизиологического состояния и сложившейся экологической обстановки. Обоснованием дополнительных теоретических предпосылок при разработке методов сигнализации служат следующие положения:

1. Фенология вредных видов изменяется преимущественно под влиянием климатических факторов и отчасти—в зависимости от степени оптимальности и доступности энергетических ресурсов, а также содержания в корме некоторых витаминов. Межвидовые и внутривидовые отношения практически не влияют на динамику фенологии во времени и пространстве. Однако в зависимости от складывающейся фенологии (как и общего фенотипического состояния популяции) может существенно изменяться влияние межвидовых отношений на проявление вредоносности и другие формы жизнедеятельности вредного вида.

2. Наиболее доступно производить расчет фенологии пойкилотермных форм по показателям температуры и накоплению тепловых воздействий на организм. Однако при этом приходится учитывать и другие физические факторы, влияющие на их фенологию. К их числу относятся влажность воздуха (контактная и другие формы) как в данном, так и в предшествующих сезонах; продолжительность светового дня и др. Зависимость развития пойкилотермных организмов от температуры среды меняется по фазам онтогенеза. Кроме того, воздействия температуры зависят от ее среднесуточного уровня. Поэтому для расчетов фенологии по показателям температуры и накоплению тепловых воздействий введены соответствующие поправочные коэффициенты.

3. Фенология культурных растений зависит от климатических факторов, сроков посева и оптимальности агрофона. Расчет фенологии культурных растений производится по температурным показателям и накоплению тепловых воздействий, с учетом соответствующих поправочных коэффициентов.

4. Вредность вида зависит от его агрессивности и компенсаторных возможностей растений. Агрессивность вида определяется характером наносимого повреждения, стадией онтогенеза (фенологией), морфофизиологическим состоянием популяции, степенью благоприятности климатических факторов и свойств кормового растения для его жизненной активности. Компенсаторные возможности растений зависят от их фенологии, сроков и характера наносимого им повреждения, степени благоприятности агрофона и погоды. При оптимальном агрофоне вредоносность вида существенно зависит от сочетания фенологии вредящего и повреждаемого объектов. Это обстоятельство в наибольшей мере определяет динамику

вредоносности отдельных видов во времени и пространстве. Сопоставление фенологии вредного вида и фенологии повреждаемого растения служит главной предпосылкой прогноза вредоносности фитофага.

5. Определение экономической целесообразности обработок в зависимости от уровня заселения посева вредителем (интенсивности развития болезни) учитывает необходимость предотвращения потерь, превышающих 3—5% валового урожая (экономического порога вредоносности). Этот показатель принимают во внимание, когда определяют скрытые и явные потери, возможные при складывающемся уровне интенсивности поражения растений болезнями. Экономический порог вредоносности изменяется под влиянием экологической обстановки, состояния посевов (насаждений) и других причин. Поэтому он уточняется на каждый сезон. Критериями для уточнения служат данные, характеризующие фенологию и состояние посевов. При запаздывании фенологии вредных видов и благоприятной для развития растений погоде рекомендуют максимальный порог, так как вредоносность будет ослабленной, а компенсаторные возможности растений — повышенными. При раннем развитии вредных организмов и запаздывании фенологии растений, ослабленном состоянии посевов (засуха, холодная погода) рекомендуют использовать минимальные пороги заселенности. В этих условиях вредоносность усиливается, а компенсаторные возможности растений ослабевают.

6. Установление сроков проведения защитных мер и их экономической целесообразности еще не является окончательным решением. В ряде случаев поля и насаждения, подлежащие обработке согласно этим показателям, нецелесообразно обрабатывать в связи с их высокой заселенностью энтомофагами или развитием эпизоотии среди вредителей. Это позволяет отменять защитные меры на больших площадях. Основываются такие решения на учете соотношения численности энтомофагов и вредного объекта, прогноза вероятности развития эпизоотии в сложившейся фазе динамики популяций вредителя.

Термин «сигнализация» существует более полувека. Возник он в связи с необходимостью оповещать (сигнализировать) хозяйства о наступлении фенологических или календарных сроков проведения защитных обработок посевов и насаждений. Затем, помимо оповещения о сроках обработок, указывались пороги экономической целесообразности обработок против данного вида в наступившем сезоне. Сейчас выработалась трехступенчатая взаимосвязанная последовательность сигнализации:

- 1) определение срока проведения защитных обработок;
- 2) выявление посевов и насаждений, подлежащих обработке, с учетом экономического порога вредоносности в данный момент;
- 3) исключение обработок на части площадей, имеющих заселенность выше экономического порога, по экологическим показателям (высокая численность энтомофагов, развитие эпизоотии).

## 5. Предикторы прогноза и сигнализации

Охарактеризованные выше теоретические представления о причинах, определяющих динамику популяций вредных видов, их фенологию и вредоносность, позволяют перейти к обоснованию методов прогноза этих явлений. Для любой формы прогноза прежде всего оценивается сложившееся состояние популяции. Это позволяет оценить перспективу ее изменений под влиянием факторов среды, поддающихся количественным оценкам. Такие показатели состояния факторов среды, позволяющие определить ожидаемые фазы динамики популяции, ее фенологию и вредоносность, получили название предикторов прогноза. Логический путь выбора предикторов прогноза сводится к следующему. Вначале устанавливают вид прогноза. Если подбираются предикторы для долгосрочного прогноза, то прежде всего в жизненном цикле вредного вида выделяют критические периоды. Критическими периодами могут быть: 1) отрезки сезона, когда происходит на фазе покоя гибель большей или меньшей части популяции, отмечается усиленный расход резервов (зимовка, ранневесенний период); 2) отрезки времени, когда реализуется плодовитость популяции и обеспечивается возможность развития основной жизнеспособной части нового поколения; 3) период питания, накопления резервов и подготовки к зимовке. В зависимости от биологических особенностей вида и степени изученности его экологии и физиологии в годовом жизненном цикле вредного объекта может быть выделено от 3 до 6 критических периодов. При этом точно учитывается, какие черты популяции формируются в течение каждого критического периода, как они отразятся на ее размножении и выживаемости в данном сезоне и в конечном итоге — на состоянии фазы динамики в будущем году.

Установив критические периоды, определяют, какие факторы в ходе каждого из них и в каком количественном выражении могут оказывать влияние на популяцию—ее выживаемость, размножение, развитие, морфофизиологическое состояние. Пользуясь методами современной статистики и системного анализа, отбирают из большого числа факторов, влияющих на формирование фенотипа популяции в ходе, анализируемого критического периода, всего 1—. Отдается предпочтение тем факторам, которые определяют фиксируемое состояние фенотипа популяции не менее чем на 80 %. Если предиктором прогноза служит фактор среды (зараженность яиц паразитами, температура, глубина снежного покрова и др.), то определяют, при каких значениях он становится экстремальным, а в каких — оптимальным или безвредным. Это устанавливают в результате статистической обработки многолетних данных.

В тех случаях, когда не удается подобрать экологический предиктор прогноза для конкретного критического периода, используют количественную характеристику состояния популяции. Таковой может быть: 1) пространственная структура популяции (заселенные тины посевов и полнота их заселения по отношению к обследованной площади); 2) возрастная структура к концу критического периода; 3) морфофизиологические

показатели и др. На основании обработки многолетних данных по каждому избранному критерию определяют те количественные характеристики, которые позволяют установить по ним фазу динамики популяции в каждом регионе.

По мере углубления знаний экологии и физиологии каждого вредного вида и накопления многолетних данных по динамике их популяций в конкретных регионах облегчается подбор предикторов прогноза за счет использования экологических факторов, в частности климатических. Это позволяет при разработке прогнозов широко использовать данные Гидрометеослужбы и значительно уменьшить трудовые и материальные затраты на сбор исходных данных.

Подбор предикторов для сигнализации и краткосрочных прогнозов отличается от описанного выше для долгосрочных прогнозов. При разработке сигнализации задача сводится прежде всего к подбору предикторов прогноза или оценке фактически сложившейся фенологии вредного вида и защищаемой культуры. В качестве экологических предикторов используют ход температур, накопление тепловых воздействий, влажность воздуха, количество осадков и др. Очень широко для определения и прогноза фенологии вредных видов используют вылов насекомых и аскоспор специальными ловушками и установками. По динамике вылова и соотношению фаз развития вылавливаемого объекта рассчитывают ход фенологии.

При оценке фенологии важно точно определить все этапы прохождения фенологических фаз, иногда продолжающихся месяц и более. Это также важно и при использовании методов вылова вредных организмов. Обычно принято считать, что отмечается вначале этап «единично», если фиксируемая фаза (этап, стадия) онтогенеза выявлена не более чем у 5% особей; этап «начало фазы» фиксируют, если ее достигло до 20% особей; «массовое прохождение фазы», если она отмечается у 50% особей и более; «завершение фазы», если она отмечается у 80% особей и более. Такое установление этапов фенологии служит базой для ее прогноза по метеорологическим предикторам и данным вылова.

Экономический порог вредоносности обычно приводят для региона в двух показателях — максимальном и минимальном. Это как бы пределы вероятной вредоносности вида при определенной плотности заселения посевов (насаждений) или ее многолетний прогноз. Такой прогноз подлежит уточнению на данный год или сезон. При этом учитывают состояние посева (его способность компенсировать повреждения) и соотношение фенологии вредителя и посева. Если растения хорошо развиты, то им менее опасны повреждения и можно брать более высокий экономический порог вредоносности. При слабом развитии растений и опережающей многолетнюю норму фенологии вредителя используют минимальный экономический порог вредоносности. Нередко отменяются обработки при заселении посевов выше экономического порога вредоносности, если отмечается большое количество

энтомофагов (хищников и паразитов). Это называют экологическим критерием целесообразности обработок.