

### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И СОБЫТИЙ В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

*В статье дается анализ использования исходных данных для построения конструктивных моделей прогнозирования событий в агроэкологической среде на основе причинно следственных связей, которые носят двойственный характер.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, исходные данные, модели, прогнозирование, агроэкологическая среда, связи.

V.K. Ivchenko, N.G. Rudoy,  
P.I. Krupkin, S.N. Nikulochkina

### INFORMATION MODEL OF FORECASTING OF PROCESSES AND EVENTS IN THE AGROECOLOGICAL ENVIRONMENT

*In article the analysis of use of basic data for creation of constructive models of forecasting of events in the agro ecological environment on the basis of prichinno investigatory communications which have dual character is given.*

**Key words:** agriculture, basic data, models, forecasting, agro ecological environment, communications.

---

Необходимость прогнозирования динамики природных явлений и антропогенных процессов в агроэкологической среде определяется целесообразностью наиболее эффективного планирования развития сельского хозяйства на конкретную ограниченную перспективу. Энергоемкость отраслей сельского хозяйства, и, как следствие, изменение их капиталоемкости в значительных пределах тесно связаны с природно-климатическими ресурсами будущего. Следовательно, учет природно-климатических факторов при планировании развития энергетики сельского хозяйства и эффективное управление энергетическими ресурсами агроэкологической системы может служить сельскохозяйственным организациям основанием для разработки перспективной программы устойчивого развития [1].

Постановка общей задачи энергоэкологического прогноза на территории края может быть достигнута синтезом частных задач: описание динамики солнечной радиации, гидрометеорологических полей температуры и осадков, влажности почвы и ее обеспеченности питательными веществами, а также бонитета природной среды. Такие прогнозы необходимы для уточнения планов водо- и электропотребления, газо- и нефтеснабжения и приводят к перераспределению финансовых средств, отчисляемых в счет долгосрочного развития энерготехнологических комплексов сельскохозяйственных организаций. Рассматриваемые задачи имеют значительную степень неопределенности, которая вызвана неизвестностью закономерностей развития и скрытыми механизмами причинных и обратных связей описываемых процессов.

При наличии хорошей информационной обеспеченности могут быть собраны данные о факторах процесса и на основе этой информации возможно построение числовой модели развития процесса. Но предпосылка успешного прогноза заключается в учете причинно-следственных связей – определении степени причастности каждого из учитываемых в модели факторов. Следует различать понятия реального объекта и прогнозирующей его информационной системы, которая может быть адекватной исследуемому объекту, но при этом не являться истинной для него, раскрывающей причинно-следственные связи.

Результаты прогнозирования связаны с экономическими последствиями использования прогнозов, и поэтому научное определение прогнозирования должно учитывать, в первую очередь, целевое назначение прогнозирования. Прогнозирование природных явлений для целей принятия ответственных решений включает процедуру обработки накопленной информации, в результате которой получаются конкретные значения их параметров в предстоящий период времени.

Если определить прогнозирование как процесс получения вероятностных данных о будущих состояниях прогнозируемого объекта, то результат прогнозирования можно связать с вероятностью реализации того или иного состояния. При стохастической модели случайности комплекс условий определен, а неопределенным является исход эксперимента. Следовательно, прогнозируемый объект не описывается стохастически.

ческой вероятностной моделью, поскольку для него пространство элементарных исходов само изменяется, то есть не является четко определенным. Так, если событие впоследствии произошло, то его вероятность 1, а не произошло – 0. Но главное состоит в том, что стохастическая вероятность затушевывает индивидуальность каждого отдельного факта-события, а прогноз, с учетом указанной его цели, как раз должен обладать конкретностью. Прогнозирование и определение механизмов процесса в исследовательском смысле находятся в противоречии, так как установление закономерностей связано с обобщением, то есть разрушением частной информации, а прогнозирование требует учета деталей, которые содержатся в частной информации. При лингвистической модели случайности неопределенным является сам комплекс условий, задаваемый нечеткими множествами, а исход – конкретным с определенной мерой выводимости или доказательности, которую можно трактовать как вероятность другой, а именно лингвистической природы. Таким образом, модель теории вероятностей не работает, и с указанным определением прогнозирования можно согласиться лишь в том случае, если предусматривать переход от стохастического описания объекта к лингвистическому. В этом смысле прогнозирование состояния процесса можно назвать доказательством его осуществимости. Тогда прогноз – это утверждение относительно истинности неизвестных событий, продолжаемых от известных событий во времени и пространстве как функциональных элементов, а прогнозирование – процесс построения адекватных функциональных элементов в области  $D$  известных значений и продолжение их в область  $G \supseteq D$  неизвестных значений. Если, например, исследуемые события представлены голоморфными функциями, то прогнозирование превращается в аналитическое продолжение функции с области  $D$  на область  $G$ , а если исследуемые события представлены интерполяционным многочленом в области  $D$ , то прогнозирование превращается в экстраполяцию на  $G$ .

Одним из методов проверки адекватности прогнозирующей системы исследуемому объекту можно считать так называемый эпигноз – прогноз состояния объекта на прошлом материале [2]. Поскольку для прогнозирующей системы эпигноз – это обычный прогноз на предстоящий период с предсказанными значениями показателей, а для реального объекта – фактические данные – соответствующие значения прошлого периода, то их расхождение дает представление о качестве прогнозирующей системы. Если прогнозирующая система правильно отражает механизмы предсказанного процесса, то в случае эпигноза должны получаться результаты, мало отличающиеся от имеющихся наблюдений. Обычно эпигноз выполняется на материале, не используемом на стадии создания системы прогнозирования, для того, чтобы поставить эпигноз и прогноз в одинаковые информационные условия. Числовые данные, отражающие процесс, являются теми закономерностями, которые лежат в его основе. Числовой массив наблюдений является одной из возможных моделей, так как он в большой полноте отражает процесс во всех его нюансах и особенностях при сложившемся комплексе внешних условий.

Заметим, что долгосрочное прогнозирование естественных процессов агроэкологической системы является слабо разработанной проблемой, связанной с недостаточной изученностью динамики этих процессов, имеющей, в частности, своим следствием отсутствие теоретических основ для построения моделей прогнозирования на долгосрочный период. Для того чтобы уяснить суть процесса, ученые анализируют результаты наблюдений за его изменением, подмечают те или иные связи и этим самым выдвигают соответствующие гипотезы. Путь от незнания процесса к его пониманию пролегает через обработку информации, научное предвидение и удачу исследователя.

Целью такого пути является построение теории-предсказателя, реализованной в виде системы моделей, позволяющих экстраполировать явления на неизвестные ранее ситуации с тем, чтобы получить результаты для условий или комбинаций, которые ранее не наблюдались. Качество прогноза определяется сопряжением моделей динамики процесса и текущих состояний системы, определяющей условия протекания процесса. В этом состоит отличие пути получения конкретного результата от способа определения закономерности протекания процесса.

При прогнозировании динамики исследуемого процесса теория системы должна опираться на модели динамики процессов и на модель внешних условий. Посредством согласования этих моделей можно получить модель прогнозирования событий. И на основании этой модели попытаться осуществить прогноз предстоящих событий.

Практический опыт прогнозирования динамики урожайности зерновых культур в зависимости от солнечной радиации, осадков, температуры и запасов доступной влаги в метровом слое почвы во время посева и кущения, а также содержания нитратного азота в период посева показывает, что разрабатываемая модель и методика прогнозирования должны учитывать определенные особенности.

К этим особенностям можно отнести следующие:

- со временем любые связи становятся неустойчивыми и ослабевают, а по истечении длительного

периода снова могут проявиться;

- изменчивый характер связей для разных временных промежутков развития процесса приводит к неполноте выводов стационарных теорий-предсказателей, не рассматривающих совокупное влияние факторов в системе;

- теории-предсказатели должны быть также развивающимися, как и оригинальный процесс в исследуемой системе, на каждом шаге уменьшающими неполноту причинно-следственных представлений посредством включения в себя тех факторов, которые не были значимыми на предыдущих шагах;

- метод, лежащий в основе прогнозирования, должен быть построен на учете наиболее общих особенностей сопряженных процессов в исследуемой системе и должен допускать учет частных особенностей развития процесса, отражаемых, с одной стороны, имеющимся рядом наблюдений за параметрами процесса и сопутствующими ему явлениями, а с другой – текущими условиями прогнозирования;

- метод прогнозирования должен обеспечивать потенциальную возможность проверки гипотетических положений теории, необходимый учет неточности регистрируемых отдельных фактов;

- при разработке модели прогнозирования необходимо использовать исходный числовой массив экспериментальных данных, так как его значения естественным образом отражают частности процесса;

- помимо получения численного прогноза требуется делать теоретические выводы из самой модели, например, по сопряженному действию факторов;

- при плохой изученности системы метод прогнозирования должен располагать гибкими и универсальными средствами приспособления для решения сопряженных задач, то есть в него должно быть заложено гораздо больше функционально-информационных возможностей, чем может потребовать каждый отдельный процесс в системе;

- при переходе от теории системы к модели динамики, а затем к прогнозированию событий ставят целью на основе теоретических знаний о процессе и сопутствующих явлениях создать расчетную схему, адекватную конкретной прогнозной задаче.

На основании имеющихся материалов и частных позитивных результатов могут быть построены конструктивные модели прогнозирования. Верхний иерархический уровень занимает теория исследуемой системы, базирующаяся на физическом принципе сохранения энергии и математическом принципе двойственности. Если, например,  $X$  – энергия процесса в системе,  $Y$  – энергия среды в данной системе,  $Z$  – энергия системы, то закон сохранения энергии в ней:

$$Y = Z - X \text{ или } X = Z - (Z - X)$$

может быть изображен с помощью морфизма двойственности  $*$ :  $X \rightarrow X^*$ ,  $X^* = Y$  в следующем виде:

$$X^{**} = X \text{ или } Y^{**} = Y.$$

В этом смысле модели для  $X$  и  $Y$  являются двойственными. Поэтому среда  $Y$  может быть представлена парой двойственных моделей. И во многих случаях легче согласовывать модель для  $X$  с двойственной моделью для  $Y$ , чем с прямой, поскольку при недостатке информации о среде  $Y$  возникает проблема неполноты прямого моделирования  $Y$ . Так, разрабатываемая модель экологической урожайности сельскохозяйственной культуры логично должна исходить из имеющегося в наличии агроэкологического ресурса. Использование той части ресурса, которая поглощается культурой, дает возможность смоделировать непосредственно исходя из имеющихся данных по управляющим факторам и условиям развития культуры: радиации, осадкам, температуре, влажности и питанию растений нитратами. Оставшаяся часть агроэкологического ресурса характеризует плодородие среды, которое может быть представлено прямой моделью бонитета среды или двойственной моделью кобонитета, полученной из модели урожайности культуры. Та же методология может быть применена для исследования распределений суммарной солнечной радиации, осадков, температуры и посевов сельскохозяйственных культур по земельным массивам сельскохозяйственного района, как динамических процессов, развивающихся во времени. В каждом из примеров результат расчета по разработанной модели прогнозирования будет прогнозом события в агроэкологической системе.

Например, исследуя динамику суммарной солнечной радиации по данным метеорологических станций края, можно сначала построить частные модели изменения суммарной солнечной радиации, соответствующие отдельным географическим координатам-станциям с определенной общей структурой  $R(t; a_k)$  переменных  $t$  и коэффициентов  $a_k$ , а затем построить частные модели коэффициентов  $a_k = a_k(x; y)$  в зависимости от долготы  $x$  и широты  $y$  наблюдений, где  $q$  – число коэффициентов частных моделей  $M_1, \dots, M_p$  и, соответственно, число двойственных моделей  $M_1^*, \dots, M_q^*, a_k^1, \dots, a_k^q$  – коэффициенты моде-

ли  $M_k$  ( $k=1, \dots, p$ ),  $a_1^k, \dots, a_p^k$  – коэффициенты двойственной модели  $M_k^*$  ( $k=1, \dots, q$ ). Так, полученные функциональные коэффициенты  $a_k(x; y)$  представляют двойственные модели суммарной солнечной радиации.

В результате согласования прямых и двойственных моделей суммарной солнечной радиации получается общая модель суммарной солнечной радиации  $R(t; x; y) = R(t; a_k(x; y))$  на территории края в зависимости от времени наблюдения  $t$ , долготы  $x$  и широты  $y$  расположения земельного массива, которая может быть в первом приближении принята в качестве модели прогнозирования. А конкретный результат  $R_0 = R(t_0; x_0; y_0)$  расчета  $R(t_0; x_0; y_0)$  по модели  $R(t; x; y)$  при  $t=t_0$ ,  $x=x_0$ ,  $y=y_0$  дает прогноз суммарной солнечной радиации  $R_0$  в момент времени  $t_0$  в точке с географическими координатами  $(x_0; y_0)$ . Заметим, что по пространственным и временным координатам также можно установить двойственность:  $x^{**} = x$  или  $t^{**} = t$ .

Имеет место также имманентная двойственность в управляющих переменных модели, которая объясняется прямым и обратным механизмом причинно-следственных связей. Например, в одной из частных моделей определения урожайности зерновых культур фактор суммарной солнечной радиации представлен переменной  $x_1$ , а его чистый вклад в урожайность – величиной  $0,1550996181 x_1 - 22291,59094 x_1^{-1}$ , наглядно показывающей, что при повышении суммарной солнечной радиации до некоторого предела  $x_1^{\lim}$  имеет место прибавка урожайности (за счет роста скорости химических реакций и фотосинтеза), а при значениях  $x_1 > x_1^{\lim}$  происходит замедление роста (за счет стресса, вызванного избытком суммарной солнечной радиации). Таким образом, получаем двойственность между значениями  $x_1 < x_1^{\lim}$  и  $x_1 > x_1^{\lim}$  внутри переменного  $x_1$ .

### Литература

1. Цугленок Н.В. Концепция устойчивого развития АПК Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. – 1996. – №1. – С. 1–4.
2. Степанов П.Н. Прогнозирование урожая по природным факторам среды // Вестн. с.-х. науки. – 1985. – №12. – С. 70–75.



УДК 632.3

Г.А. Демиденко

#### ПРИМЕНЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ПОЧВОГРУНТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТОМАТОВ

*В статье представлены результаты влияния состава специализированных почвогрунтов на развитие рассады томатов различных сортов.*

**Ключевые слова:** томат, почвогрунт, питательные вещества, всхожесть семян, длина проростков.

G.A. Demidenko

#### NUTRIENT SOIL USE IN THE PROCESS OF TOMATO SEEDLING GROWING

*The results of specialized soil composition influence on development of the tomato seedlings of various cultivars are given in the article.*

**Key words:** tomato, soil, nutrient substances, germinating ability, seedling length.