



УДК 63.001

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УБЫТКОВ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА¹

А.И. Задорожный

Херсонский государственный
аграрный университет,
Украина, 73000, г. Херсон,
ул. Розы Люксембург 23

E-mail: demagog@inbox.ru

Для анализа многолетней динамики площадей с уровнем грунтовых вод предложено использовать статистические методы. Ситуационное прогнозирование подтопления сельскохозяйственных территорий производить на основе аппарата цепей Маркова. На основе прогнозных данных о площадях подтопления и прогнозной чистой прибыли рассчитывать убытки от недополучения чистой прибыли. Для реализации этих задач использовать «Систему анализа долгосрочной динамики и прогнозирования процессов подтопления сельскохозяйственных угодий (для условий юга Украины)».

Ключевые слова: динамика площадей, уровень грунтовых вод, цепи Маркова, подтопление, чистая прибыль.

Постановка задачи

Изучение пространственно-временного развития природно-технических систем в настоящее время является одной из приоритетных задач современной науки. Чаще всего такие системы рассматривают, используя моделирование сложных систем, т. е. с позиций науки о системах – системологии. В работе предложено использовать одну из ветвей системологии – синергетику, объектом которой являются системы, которые самоорганизуются и развиваются [1]. В данное время развитие таких систем методологически сопоставляется с теорией неравновесных, нестационарных процессов [2].

Математическое моделирование синергетических систем производится на основе обычных дифференциальных уравнений [1], которые используются для моделирования большей частью нестационарных процессов, присущих техническим системам [1]. Так, например, при рассмотрении природно-технической системы (междуречье Днепр-Молочная) применялись дифференциальные уравнения в частных производных в задачах имитационного моделирования динамики и прогнозирования уровней грунтовых вод в отдельных точках трехмерного пространства [3]. Однако практика показала, что при рассмотрении природно-технических систем данный аппарат часто бывает неадекватным для отображения динамики развития и структурных изменений системы, которые определяются на основе отдельных показателей по данным мониторинга. Так, анализ данных эколого-мелиоративного мониторинга [4] показал, что важным показателем состояния системы является распределение площадей по уровню грунтовых вод. Для этого, в строго определенные моменты времени, в наблюдательных скважинах осуществляется измерение глубины залегания грунтовых вод, что позволяет на основе этих измерений построить соответствующие карты. На основании этих карт гидрогеолого-мелиоративные экспедиции составляют таблицы распределения площадей по уровню грунтовых вод. Изучение динамики показателя площадей с уровнем грунтовых вод является важной задачей синергетики, включая анализ подтопления, его возникновение, развитие, существенное уменьшение в отдельных случаях в зависимости от факторов влияния. Однако решение данной задачи становится не возможным на основе применения дифференциальных уравнений, а требует для своего изучения новых математических подходов.

Методология исследований

Анализ динамики уровней грунтовых вод, а на их основе синергетических процессов развития подтопления сельскохозяйственных угодий на юге Украины, предложено осуществлять методами статистического анализа [5], в частности построением гистограмм для изучения

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 12-05-90911-мол_снг_нр.



площадей подтопления в годы наблюдений. Метод гистограмм, как метод анализа природно-технической системы, можно отнести к методам кибернетики, которые базируются на использовании известного принципа «черного ящика» [6]. Такие методы не всегда дают возможность оценить внутренние связи переменных объекта, детальное влияние факторов внешней среды. Тем не менее, применение данного метода гистограмм для решения задачи оценки и анализа состояния сельскохозяйственных угодий обусловлены характером данных, которые обеспечиваются наблюдениями в системе эколого-мелиоративного мониторинга.

В процессе исследований возникла необходимость анализа множества объектов, которые отличаются своими динамическими свойствами, т. е. классификация этих объектов по типам динамики. Для классификации таких объектов целесообразно использовать формальные методы распознавания образов, которые в той или иной мере используют принцип «черного ящика». Получая общие закономерности по типам динамики, каждый класс таких объектов исследуется более детально (наличие или отсутствие дренажа, время введения в действие, его состояние, виды орошения, характер поливов и т. п.).

Для решения задачи прогнозирования изменения площадей с уровнем грунтовых вод предложено использовать метод прогнозирования на основе аппарата теории цепей Маркова [7]. Этот метод может быть использован для прогноза ситуаций, которые характеризуются множеством показателей (факторов влияния), изменяющихся из года в год одновременно, но непосредственно функциональные связи между ними не установлены вследствие отсутствия информации или чрезвычайной сложности этих связей [8]. В основе прогноза, построенного на основе простых цепей Маркова, лежит вычисление матрицы перехода, элементами которой являются вероятности перехода прогнозируемых параметров из одного состояния в другое, от одной ситуации к другой [8].

Оценка возможных потерь чистой прибыли от недополучения урожая в результате подтопления сельскохозяйственных территорий стала возможной при использовании прогноза изменения площадей с уровнем грунтовых вод, сгруппированных по зонам риска, рассчитанные при помощи аппарата цепей Маркова, а также весовых данных, учитывающих снижение урожая сельскохозяйственных культур при выращивании их на территориях, расположенных в разных зонах риска (анализ многолетних статистических данных для данной территории). Для перехода от относительных оценок недополученного урожая сельскохозяйственных культур к абсолютным (денежные единицы) используются данные о средневзвешенной чистой прибыли от сельскохозяйственного производства для данного района на текущий момент времени.

Результаты исследований

Решение поставленных задач возможно при помощи разработанной нами «Системы анализа долгосрочной динамики и прогнозирования процессов подтопления сельскохозяйственных угодий (для условий юга Украины)».

Система делится на три принципиальных блока [9]:

- подсистема анализа многолетней динамики грунтовых вод;
- подсистема прогнозирования уровня грунтовых вод;
- база данных и знаний.

Подсистема анализа многолетней динамики грунтовых вод позволяет построить гистограмму объекта и определить с критической глубиной уровня грунтовых вод (рис. 1).

В дальнейшем проводится анализ гистограммы площадей уровней грунтовых вод ($H_{кр}$), их средней площади за все годы наблюдения и площади в последний год наблюдения. Одновременно с этим проводится качественная оценка состояния объекта. Показателем для абсолютной качественной оценки объектов является процентное отношение площадей с уровнем грунтовых вод к критической глубине залегания уровня грунтовых вод:

- $100\% \geq (H_{общ} / H_{кр}) > 50\%$ – катастрофическое состояние;
- $50\% \geq (H_{общ} / H_{кр}) > 20\%$ – критическое состояние;
- $20\% \geq (H_{общ} / H_{кр}) > 10\%$ – удовлетворительное состояние;
- $10\% \geq (H_{общ} / H_{кр}) > 0\%$ – хорошее состояние.

Объект классифицируется, приводится краткое описание динамики подтопления объекта анализа (рис. 2).

Подсистема прогнозирования уровня грунтовых вод позволяет осуществить прогноз на основе анализа динамики подтопления и вычислить вероятностные площади с уровнем грунтовых вод на следующий год. Для прогнозирования используются: данные гидрогеолого-мелиоративных экспедиций по распределению площадей с уровнем грунтовых вод; сумма осадков (октябрь–октябрь), мм; сумма поливов за период вегетации (апрель–сентябрь), мм. На основании данных многолетних наблюдений выполняется выбор наиболее наилучшего со-

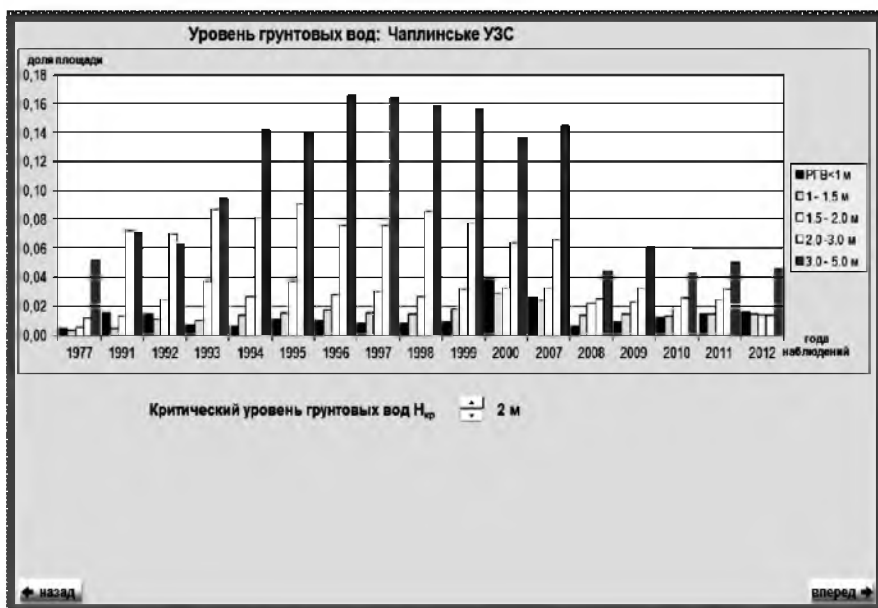


Рис. 1. Гистограмма распределения площадей по уровню грунтовых вод



стояния объекта за все годы наблюдений, что позволяет определить состояние объекта в последний год наблюдений и произвести прогноз состояния объекта, исходя из возможной суммарной естественной и антропогенной нагрузки. Для прогноза задаются сумма осадков (минимальная, средняя многолетняя, максимальная) и сумма поливов для прогнозируемого года, на основе этих данных подбирается матрица вероятностей перехода состояний объекта. Что позволяет произвести прогноз вероятностей состояний на прогнозируемый год (рис. 3).

На основании полученных результатов появляется возможность построить прогнозные гистограммы для каждого состояния объекта на прогнозируемый год (рис. 4).

Рис. 2. Анализ многолетней динамики подтопления для объекта наблюдения

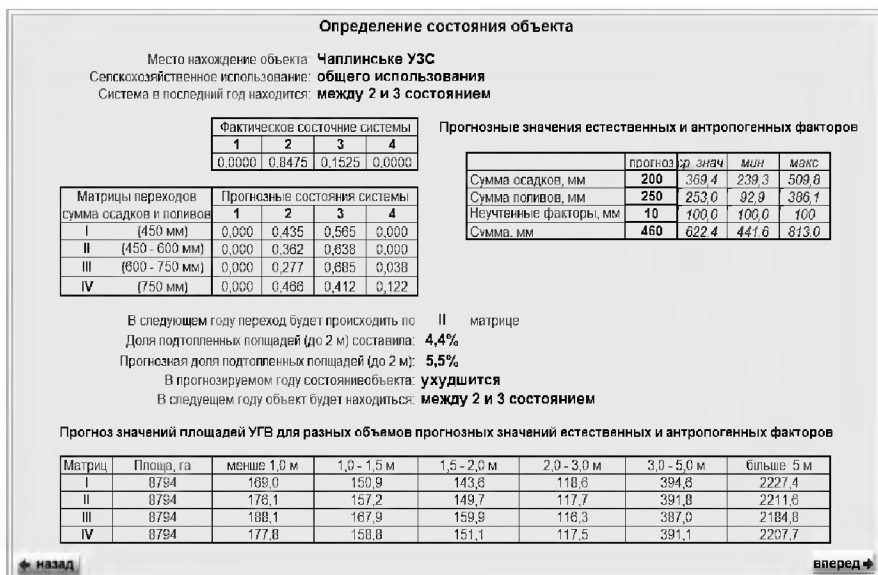


Рис. 3. Прогноз состояния объекта, исходя из возможной суммарной естественной и антропогенной нагрузки

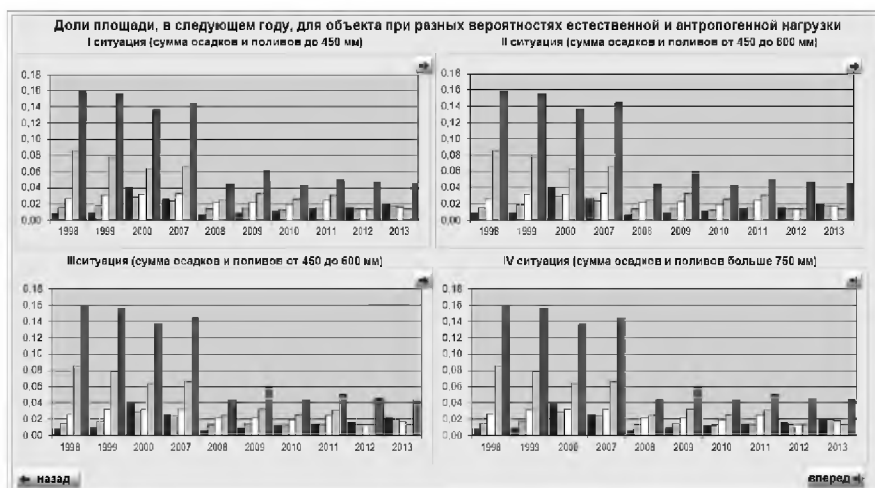


Рис. 4. Прогнозные гистограммы для четырех возможных состояний объекта на прогнозируемый год

Зная прогнозное распределение площадей по уровню грунтовых вод для исследуемого объекта, вычисляем размер недополученной чистой прибыли от подтопления сельскохозяйственных территорий (рис. 5).



Рис. 5. Определение объема убытков от недополучения чистой прибыли в результате подтопления на основе зон риска

Как видим из рис. 5, при условии, что прогнозная чистая прибыль в 2013 году составит 1500 грн./га, прогнозное недополучение чистой прибыли от подтопления составит приблизительно 600 тыс. грн. На основании этих расчетов разрабатываются мероприятия по предотвращению подтопления сельскохозяйственных территорий и оценивается экономическая эффективность от их внедрения.

База данных и знаний.

База данных для анализа и прогнозирования многолетней динамики подтопления сельскохозяйственных территорий, включает [9]:

- многолетние данные об объеме атмосферных осадков по данным наблюдений метеорологических станций;
- многолетние данные наблюдений гидрогеолого-мелиоративных экспедиций за уровнем грунтовых вод (на 01.04 и на 01.10 каждого года);
- многолетние данные объема водоподачи на отдельные объекты по данным управлений орошаемых систем.

База знаний включает такие элементы [9]:

- гистограммы многолетнего распределения площадей по уровню грунтовых вод по каждому объекту, на основании данных гидрогеолого-мелиоративных экспедиции;
- типизация объектов на основе выбора прототипов (вариантов развития процессов многолетней динамики подтопления сельскохозяйственных территорий) и их классификация;



- гистограммы распределения площадей по уровню грунтовых вод в многолетнем разрезе интегрированных для зон риска;
- цепи Маркова, которые определяют состояния объектов и используются для прогнозирования состояния системы на основе вариантов прогнозных ситуаций окружающей среды (суммы атмосферных осадков и водопадачи).

Выводы

Выполненная с помощью «Системы анализа долгосрочной динамики и прогнозирования процессов подтопления сельскохозяйственных угодий (для условий юга Украины)» системная оценка и классификация объектов по типам динамических свойств, а также проведенные прогнозные расчеты позволяют эксперту осуществить экологический аудит объектов, разработать мероприятия по улучшению экологической ситуации объекта и оценить их экономическую эффективность.

Список литературы

1. Хакен, Г. Синергетика. – Москва: Мир, 1980. – 404 с.
2. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Прогресс, 1986. – 365 с.
3. Парамонова Н.К. Прогноз влияния орошения и водозаборов подземных вод на заповедники // Обеспечение экологической надежности мелиоративных объектов. – К.: Урожай, 1987. – С. 138–144.
4. Інформація про мелиоративний стан і рівні ґрунтових вод на зрошуваних та прилеглих до них землях і в сільських населених пунктах в зоні впливу мелиоративних систем станом на 01 жовтня 1988–2003 року Чаплинський район Херсонської області / Державний Комітет України по водному господарству Херсонське обласне виробниче управління мелиорації і водного господарства Каховська гідрогеолого-мелиоративна експедиція. – м. Таврійськ, 1988–2003.
5. Задорожний А.І. Аналіз динаміки підтоплення сільськогосподарських угідь в умовах Херсонської області на основі системного статистичного моделювання // Таврійський науковий вісник. – Херсон, 2003. – Вип. 27 – С. 219–223.
6. Ивахненко А.Г. Кибернетические системы с комбинированным управлением. – К.: Техника, 1976. – 511 с.
7. Ковальчук П.І., Задорожний А.І., Ковальчук В.П. Марківська математична модель прогнозування та недопущення підтоплення земель на півдні України // Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції «Ризикологія в економіці та підприємстві» (27-28 березня 2001 р.). – Київ: КНЕУ, Академія ДПС України, 2001. – С. 178–179.
8. Рабочая книга по прогнозированию / Ред кол.: И.В. Бесгужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
9. Ковальчук П.І., Задорожний А.І., Шевчук С.А. Система аналізу та прогнозування екологічного стану земель при зрошенні // Таврійський науковий вісник – Херсон, 2004. – Вип. 31. – С. 197–203.

EVALUATION OF TRENDS, FORECASTING AND CALCULATION OF LOSSES FROM FLOODING OF AGRICULTURAL LAND ON THE BASIS OF ENVIRONMENTAL AND RECLAMATION MONITORING

A.I. Zadorogniy

Kherson State Agrarian University,
Kherson, 73000, Ukraine, Kherson, st.
Rosa Luxemburg 23

E-mail: demagog@inbox.ru

To analyze the long-term dynamics of areas with water table is proposed to use statistical methods. Case forecasting flooding of agricultural land to produce on the basis of the unit of Markov chains. On the basis of forecast data on the areas of flooding and forecast net profit to calculate losses from net income shortfall. To implement these tasks using "System analysis and forecasting long-term dynamics of the process of flooding of agricultural land (for the conditions of the South of Ukraine)."

Keywords: dynamics of space, ground water level, Markov chains, flooding, and net profit.