

**Я.М. Иваньо, д.т.н., Н.В. Старкова, к.т.н.**

Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

*В статье рассмотрена изменчивость климатических характеристик в виде усредненных значений и событий на территории Восточной Сибири. Систематизированы данные об экстремальных природных явлениях для информационной поддержки различных отраслей деятельности человека. Проанализированы техногенные аварии, наблюдавшиеся в регионе за последние двадцать лет. Предложены различные варианты оптимизационных моделей аграрного производства с вероятностными характеристиками в условиях проявления природных событий, апробированные на реальных объектах. Приведены результаты моделирования.*

***Ключевые слова:** оптимизация, производственный процесс, природное событие, техногенное возмущение.*

**Вступление.** Восточная Сибирь представляет собой уникальный регион по разнообразию ландшафтных и климатических условий. На этой территории формируются природные события различного происхождения (дождевые паводки, весенние половодья, засухи, заморозки и другие), которые причиняют значительные ущербы населению и отраслям народного хозяйства и могут способствовать возникновению техногенных аварий. Очевидно, что природные и техногенные события, необходимо учитывать при управлении производственными процессами. В условиях множества решений задач, связанных с развитием производства продукции, большое значение приобретают модели оптимизации производственных процессов. Среди них следует особо выделить аграрное производство, в значительной степени подверженное влиянию внешних факторов.

**Целью** данной работы является систематизация данных об экстремальных природных явлениях для информационной поддержки различных отраслей деятельности человека.

**Материалы.** Для описания изменчивости климата использованы многолетние данные характеристик двух групп: усредненные и экстремальные. К первой относятся температуры воздуха и почвы (средние годовые, месячные, декадные), осадки (годовые, сезонные, месячные), расходы и уровни воды незарегулированных рек (средние годовые, месячные). Кроме того, проанализированы многолетние данные о датах первого и последнего мороза и другие [4].

Что касается характеристик второй группы, то сюда вошли: максимальные летние и минимальные зимние годовые температуры воздуха; максимальные летние и минимальные зимние годовые температуры почвы; наибольшие суточные осадки; максимальные и минимальные годовые расходы воды дождевых паводков и весеннего половодья; максимальная глубина распространения в почву нуля градусов. Помимо этого, рассмотрена урожайность сельскохозяйственных культур как характеристика агрономической засухи.

Исследуемая территория включает Иркутскую область и сопредельные зоны субъектов России – Красноярского края и Республики Бурятия. Общая площадь, на

которой расположены гидрометеорологические станции и посты, рассмотренные в работе, превысила 1,3 млн. км<sup>2</sup>.

В работе использованы материалы регулярных наблюдений на гидрометеорологических пунктах с начала 90-х годов XIX в. и историко-архивные свидетельства об экстремальных природных явлениях с середины XVII в.

**Обсуждение результатов.** На основе анализа усредненных характеристик установлено, что, начиная с 40-х годов XX в., на юге территории (примерно до 54-55° с.ш.) наблюдается тенденция повышения средней годовой температуры воздуха. При этом увеличивается продолжительность безморозного периода. Однонаправленные тенденции не выявлены для годовых осадков и расходов воды рек Ангарского и Ленского бассейнов [6].

На фоне изменчивости усредненных климатических характеристик исследована переменность природных событий, систематизированных за более чем 350 лет. Показана тенденция потепления зим на юге региона с середины 40-х годов прошлого века [5]. Однако следует отметить, что минимальные температуры последнего 11-летнего цикла солнечной активности (1997-2008 гг.) оказались ниже аналогичных показателей холода относительно предшествующего цикла (1986-1996 гг.). При этом подтверждается тенденция соответствия низких максимумов чисел Вольфа 11-летних циклов солнечной активности низким зимним температурам. В отличие от характеристики холода непредсказуема изменчивость максимальной летней температуры и наибольших суточных осадков. За последние 15-20 лет возросла частота проявления агрономических засух. Это подтверждает закономерность формирования серий природных событий различного происхождения в разные эпохи: суровые зимы в первое десятилетие XX в., дождевые паводки в середине прошлого века, теплые зимы в конце 80-х и начале 90-х годов и др. [7].

Для моделирования изменчивости природных событий разработана информационная система «Природная стихия», информационное обеспечение которой представляет собой базу данных, включающую в себя материалы стационарных пунктов наблюдений и историко-архивные свидетельства для рассматриваемой территории.

Частое проявление в регионе разных экстремальных природных явлений приносит значительные ущербы хозяйственной деятельности человека. В частности, за последние 10 лет только сельское хозяйство региона понесло потери, превысившие 2 млрд. руб. Кроме того, в 2001 г. зарегистрирована суровая зима, когда наблюдались массовые случаи обморожения и имели место человеческие жертвы. Более глубокий анализ повторяемости экстремальных гидрометеорологических явлений показывает, что в зонах с резко континентальным климатом редко наблюдаются годы, в которых не проявляют себя природные события.

За последние 15-20 лет в сельскохозяйственных зонах Восточной Сибири зафиксировано значительное число агрономических засух. Хотя урожайность зерновых имеет общую тенденцию к возрастанию, во многих прибыльных хозяйствах в указанный период эта характеристика неоднократно уменьшалась на 20-30% ниже средней многолетней величины.

Одно из направлений смягчения ущербов от природных событий – адекватное управление производственными процессами на основе моделей оптимизации структуры производства растениеводческой и животноводческой продукции и их

сочетания с учетом проявления экстремальных явлений. Применение подобных моделей показывает, что только за счет правильной структуры производства можно сократить потери от влияния экстремальных природных явлений на 5-10%.

Оптимизационные модели, отображающие производственные процессы, подверженные внешним или природным факторам, можно условно разделить на две группы. В первой из них не учитывают влияние экстремальных явлений [1].

Вторая группа моделей, как правило, используется при решении задач, связанных с воздействием природных событий на конкретный объект. К таким задачам относятся: управление водными ресурсами в условиях проявления паводков и половодий; размещение сельскохозяйственных культур на территориях, подверженных затоплению и подтоплению; оптимизация производства с учетом проявления экстремальных природных явлений различного происхождения и др.

Планирование производства обычно происходит в условиях неполной информации. В одних случаях описание процессов связано с вероятностными параметрами, а в других - нет оснований, для каких бы то ни было суждений о статистических особенностях факторов, способных изменить предполагаемые значения параметров модели. Первая ситуация может быть оценена с некоторой вероятностью, а вторая – предполагает решение задачи в условиях неопределенности.

Поскольку гидрометеорологические явления, превышающие некоторые критические значения, встречаются на территории Восточной Сибири ежегодно в локальном и региональном масштабах, то необходим их учет в моделях сельскохозяйственных производственных процессов.

Характеристики экстремальных явлений влияют на целевую функцию и ограничения модели. Во втором случае они уменьшают ресурсный потенциал сельскохозяйственного предприятия: сокращение площадей сельскохозяйственных культур, падение производительности труда, ухудшение работы машинно-тракторного парка и уменьшение эффективности культуры земледелия. Другими словами, левые и правые части ограничений модели требуют корректировки с учетом отрицательных влияний на производство.

Оптимизация использования земельных ресурсов предполагает применение стохастических методов оценки параметров экстремальных природных явлений, влияющих на производство сельскохозяйственной продукции. Особенно актуально применение задач стохастического программирования для регионов с резко-континентальным климатом, где производственные параметры изменяются в значительных пределах. При этом сельскохозяйственные организации Восточной Сибири подвержены влиянию множества природных событий различного происхождения.

В работе [2] предложены стохастические модели оптимизации структуры производства с учетом одного экстремального явления: дождевого паводка или весеннего половодья. Согласно [3] разработаны модели оптимизации структуры сельскохозяйственного производства с учетом множества экстремальных природных явлений:

$$P[\max(\min) f(X) = CX - DX] \geq p; \quad (1)$$

$$P[(A - A_1)X \leq B - B_1] \geq p; \quad (2)$$

$$X \geq 0, \quad (3)$$

где  $X$  - вектор, удовлетворяющий системе ограничений,  $C$  – вектор-строка,  $B$  – вектор-столбец,  $A$  – матрица размерности  $m \times n$ ,  $p$  – заданная вероятность превышения некоторого критического уровня,  $D$  – матрица коэффициентов ущербов  $m \times n$ ,  $P$  – вероятность.

Из задачи (1)-(3) можно получить частные случаи: 1) критерий оптимальности - детерминированная величина, а левые части ограничений являются вероятностными; 2) целевая функция и левые части являются детерминированными, а правые части – вероятностными; 3) целевая функция – случайная, а условия представляют собой определенные величины.

Результаты моделирования оптимизации производства, учитывающие различные ситуации, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты моделирования оптимизации производства в условиях природных рисков

Признаки классификации	Значение признака	Вид модели	Характеристики	Реализация модели
По типу параметров модели	Определённость	Задачи стохастического программирования сельскохозяйственного производства с учётом событий	Задача с вероятной целевой функцией	Затраты составят 4,061 млн.руб. для ММСОУ «Тальское» Тайшетского района
			Задача с вероятностными ограничениями	Затраты составят 0,925 млн.руб. для ММСОУ «Тальское» Тайшетского района
	Неопределённость	Задача с неопределёнными параметрами при проявлении выдающегося явления		Затраты составят 0,285 млн.руб. для ММСОУ «Тальское» Тайшетского района
С одним и множеством экстремальных природных явлений	С множеством явлений	Задачи стохастического программирования в условиях проявления множества экстремальных природных явлений	Засуха и наводнение	Затраты составят 0,174 млн.руб. для ММСОУ «Тальское» Тайшетского района
			Поводок и половодье	Затраты составят 1,535 млн.руб. для ООО «Новая заря » Тайшетского района
	С одним явлением	Задачи стохастического программирования с учетом одного экстремального природного явления	Засуха	Затраты составят 3,343 млн.руб. для ММСОУ «Тальское» Тайшетского района

Среди экстремальных природных явлений, наносящих значительные ущербы сельскохозяйственным предприятиям, выделяют паводки и половодья. На юге Восточной Сибири, как правило, преобладают дождевые паводки, поэтому затоплению подвергаются территории организаций в летние периоды. В северных районах распространены весенние половодья и практически отсутствуют дождевые паводки. Там, значительные ущербы стихийные гидрологические явления наносят в период снеготаяния. Между тем в ряде районов средней части Ангарского бассейна формируются как весенние половодья, так и дождевые паводки, поэтому сельскохозяйственным предприятиям наносятся более значительные ущербы.

Подобные ситуации проявления как весенних половодий, так и дождевых паводков предложено учитывать при моделировании размещения сельскохозяйственных культур с целью минимизации затрат на производство. При этом в модели кроме сведений о земельных, трудовых ресурсах, валовом сборе и т.п. необходимо использовать данные об ущербах и затапливаемых площадях. Оригинальность задачи заключается в определении структуры посевных площадей с применением многомерной функции распределения, характеризующей гидрологические ряды экстремального стока, для минимизации затрат.

При моделировании производства с учетом событий целевая функция принимает различные значения, которые зависят от вероятности превышения. При увеличении числа событий различного происхождения возрастают риски ведения земледелия. Применение модели способствует планированию производства для уменьшения материальных потерь, что имеет значение для управления производственными процессами.

Помимо влияния природных событий на деятельность населения и предприятий, проанализированы техногенные аварии и катастрофы на территории Иркутской области за 1991-2009 гг., которые унесли сотни жизней. Рассмотрены ситуации, когда экстремальные природные явления провоцируют проявление техногенных аварий. Такие случаи имели место в результате формирования высоких половодий, приводивших к разливу нефти и другим отрицательным воздействиям на окружающую среду. Очевидно, что учет природных событий и техногенных возмущений в моделях оптимизации расширяет возможности их использования для управления хозяйственной деятельностью в условиях рисков.

**Выводы.** В заключение отметим, что согласно анализу климатических характеристик на юге Восточной Сибири, начиная с 40-х годов XX в. наблюдается тенденция потепления, хотя в широтах более 55<sup>0</sup> она неустойчива или отсутствует.

Природные события проявляются в виде серий в определенные эпохи.

Для оценки многолетней изменчивости экстремальных явлений разработана информационная система «Природная стихия», в которую входит база данных, включающая материалы стационарных наблюдений и историко-архивные свидетельства.

Особенности изменчивости природных событий учитываются при моделировании сельскохозяйственного производства на основе задач стохастического

программирования, что способствует эффективному управлению аграрными ресурсами.

Модели, реализованные на реальных объектах Восточной Сибири, можно дополнить оценкой изменчивости техногенных возмущений, которые в ряде случаев являются следствием природных событий.

### Список литературы

1. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. Оптимизационные модели планирования производства стабильных сельскохозяйственных предприятий. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011. – 159 с.
2. Белякова А.Ю., Иваньо Я.М. Вероятностные модели экстремальных гидрологических явлений в задачах оптимизации сельскохозяйственного производства // Монография. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2009. – 146 с.
3. Белякова А.Ю., Вашукевич Е.В., Иваньо Я.М. Модели оптимизации сельскохозяйственного производства в условиях проявления нескольких экстремальных природных явлений // Сб. докладов международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне 13-15 апреля 2010г. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2010. -Ч.2.– С.11-17.
4. Иваньо Я.М., Старкова Н.В. Информация об экстремальных природных явлениях в управлении производственными объектами // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». -Иркутск. ИрГСХА. –2010. – №39 – С.49 – 53.
5. Иваньо Я.М., Старкова Н.В. Функциональные возможности информационной системы оценки изменчивости экстремальных природных явлений // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2009. – Т. 5, №10 – С.82 – 87.
6. Иваньо Я.М. Изменчивость климатических характеристик и аграрное производство //Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Сб. статей международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования ИрГСХА (25-29 мая 2009 г.). – Иркутск: НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2009. – С.31-38.
7. Иваньо Я.М. Экстремальные природные явления: методология, моделирование и прогнозирование. - Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2007. - 267 с.

#### **Оптимізація виробничих процесів в умовах природних та техногенних збурень. Иваньо Я.М., Старкова Н.В.**

*В статті розглянута мінливість кліматичних характеристик у вигляді усереднених значень та подій на території Східного Сибіру. Систематизовані дані про екстремальні природні явища для інформаційної підтримки різних галузей діяльності людини. Проаналізовані техногенні аварії, які спостерігалися в регіоні за останні двадцять років. Запропоновані різні варіанти оптимізаційних моделей аграрного виробництва з імовірнісними характеристиками в умовах прояви природних подій, апробованих на реальних об'єктах. Наведені результати моделювання.*

**Ключові слова:** оптимізація, виробничий процес, природне явище, техногенні збурення.

#### **Optimization of production processes in natural and anthropogenic indignations. Ivanjo Y., Starkova N.**

*The paper deals with the variability of the climatic characteristics of the average values and natural events of Eastern Siberia. The data on the extreme natural events for information support of various branches of human activity are systematized. The anthropogenic failures in the region during the last twenty years are analyzed. The different variants of the optimization model of agrarian manufacture in the conditions of natural events tested on the real objects are offered. The results of the modeling are presented.*

**Key words:** optimization, production processes, natural event, anthropogenic indignation.