

На правах рукописи
УДК 551.509.59 (075.8)

Волобуева Ольга Васильевна

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ
СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Специальность 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата географических наук

Москва 2007

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

В современных условиях нет такой отрасли экономики, которая не испытывала бы потребности в прогнозах погоды или иной метеорологической информации. Научно-технический прогресс способствовал не только быстрому развитию гидрометеорологической науки, но и разработке способов экономически выгодного применения гидрометеорологической информации в технологических процессах отраслей экономики.

В современных условиях быстро развивается техника, совершенствуется структура всех отраслей производства, и вместе с этим растут запросы к службе погоды в объективной прогностической информации. Особое значение приобретают прогнозы для таких отраслей, как энергетика, сельское хозяйство, строительство, всех видов транспорта. Региональные разработки экономико-метеорологических моделей позволяют оптимально реализовать информацию о погоде в хозяйственной практике. Научным исследованиям в этой области экономической метеорологии придается большое значение в Республике Башкортостан.

Исследуемый регион в определённой степени подвергнут значительному риску выбора хозяйственных решений вследствие влияния неблагоприятных гидрометеорологических условий. Здесь прослеживается зона повышенной сложности прогнозирования, и отмечаются значительные потери за счёт неблагоприятных условий и опасных явлений погоды. Отсюда возникает необходимость исследования прогностической информации, реализуемой в данном регионе, как, с точки зрения ее успешности, так и экономической полезности в основных отраслях производства.

Внедрение эффективных методов использования метеорологической информации и, прежде всего, прогнозов погоды позволяет значительно снизить издержки в экономике страны за счет влияния погодных условий.

В этом состоит **актуальность** данной работы, что диктуется необходимостью выгодного использования гидрометеорологической информации в отраслях экономики. Особое внимание уделяется принципам и методам выбора погодо-хозяйственных решений и действий, которые позволяют обеспечить минимальные потери для наиболее значимых в регионе потребителей, таких как энергетика и сельскохозяйственное производство.

Важнейшей проблемой, решению которой в значительной степени посвящена данная работа, является разработка методических подходов к организации специализированного гидрометеорологического обеспечения на примере отдельных отраслей экономики Республики Башкортостан с

привлечением прогностической информации Гидрометеорологической службы.

Целью диссертационной работы является разработка и адаптация к региональным условиям комплексного учета характеристик успешности и экономической полезности краткосрочных прогнозов заморозков для сельскохозяйственного производства и температуры воздуха для теплоэнергетического сектора Республики Башкортостан.

Для достижения этой цели применительно к конкретному потребителю были решены следующие **задачи**:

- Исследованы метеорологические условия и характерные синоптические процессы, обуславливающие возникновение весенних и осенних заморозков на территории сельхозпредприятий Республики Башкортостан и температурного режима в г. Уфа.

- Базируясь на выборке 10-летнего ряда наблюдений за температурой воздуха и прогнозов экстремальной и среднесуточной температуры воздуха, составляемых Гидрометцентром Башкирского УГМС был выполнен анализ критериев успешности прогнозов заморозков в вегетационный период для сельхозпредприятий и среднесуточной температуры воздуха в отопительный период для теплоэнергетики г. Уфы в целях последующей оценки экономической полезности прогностической информации.

- Разработаны алгоритмы численной оценки успешности и экономической полезности прогнозов неблагоприятных условий погоды для рассматриваемых отраслей.

- Показана целесообразность выбора байесовского подхода оценки экономического эффекта и экономической эффективности использования прогнозов погоды.

- Разработаны адаптационные модели расчета экономической полезности прогнозов заморозков в вегетационный период для сельскохозяйственного производства и среднесуточной температуры воздуха для ТЭЦ г. Уфа.

Метод исследования.

Применялась статистическая и картографическая оценка опасных метеорологических условий. В основном использовались непараметрические методы математической статистики применительно к метеоролого-экономическим оценкам результативности прогностической информации. Применялся обширный комплекс статистических показателей сопряженности прогнозов при известной в данном исследовании их дискретности.

В работе использовался байесовский подход оценки средних (в статистическом смысле), как базового критерия оптимальности реализации прогнозов.

Научная новизна.

- Впервые для отдельных отраслей экономики Республики Башкортостан произведена оценка экономического эффекта и экономической эффективности использования оперативных краткосрочных прогнозов погоды на примере сельскохозяйственных предприятий и ТЭЦ г. Уфа.

- Разработано методическое обоснование, информационное и программное обеспечение расчета потерь сельскохозяйственных предприятий Республики Башкортостан и ТЭЦ-4 г. Уфа с использованием технико-экономических характеристик предприятий; произведён расчёт байесовских средних потерь.

- Исследована, применительно к выбранным потребителям, метеоролого-экономическая модель оптимального использования оперативных методических прогнозов.

- Уточнены практические рекомендации для прогнозистов Гидрометцентра Башкирского УГМС, позволяющие повысить качество и полезность специализированного гидрометеорологического обеспечения сельскохозяйственного производства и теплоэнергетики Республики Башкортостан.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем:

- Установлены типовые синоптические условия, при которых возникают неблагоприятные явления погоды для рассматриваемых отраслей экономики Республики Башкортостан, они рекомендованы к внедрению в оперативной практике Гидрометцентра Техническим советом Башкирского УГМС.

- Выполнена комплексная оценка успешности исследуемых метеорологических прогнозов, что раскрывает возможность перехода от оценок качества прогнозов с допусками, согласно Наставлений, к объективным матричным оценкам.

- Показана возможность достоверной оценки средних потерь в соответствии с байесовским подходом, что позволяет установить снижение метеорологических потерь при использовании методических прогнозов относительно инерционных.

- Разработанные матрицы потерь могут быть использованы в последующие годы для оценки экономической полезности прогнозов.

- Рассчитанные показатели полезности - экономический эффект и экономическая эффективность раскрывают потребителям социально-экономическую значимость метеорологических прогнозов.

На защиту выносятся.

- Комплексная модель оценки успешности метеорологических прогнозов – заморозков и среднесуточной температуры воздуха на территории Республики Башкортостан.
- Обоснование погодо-хозяйственной адаптации потребителей в целях более выгодного использования погодо-климатических ресурсов.
- Комплексная модель оценки экономического эффекта и экономической эффективности использования прогнозов заморозков в сельскохозяйственном производстве.
- Адаптированный к конкретным условиям метод оценки экономической полезности прогнозов температуры воздуха в теплоэнергетике Республики Башкортостан.

Обоснованность и достоверность полученных в работе результатов обусловлена большим объемом исходных данных, корректным применением современных методов их обработки и непротиворечивостью результатов современным взглядам на проблемы экономической метеорологии.

Апробация работы.

Результаты диссертационной работы докладывались на научных семинарах Гидрометцентра России, на совещаниях-семинарах по специализированному гидрометобеспечению (г. Уфа, 2004г., г. Самара, 2006г.), на специализированном семинаре по проблемам экономической метеорологии (г. Обнинск, 2005г.), на конференции молодых ученых в Башкирском Государственном университете (г. Уфа, 2003 г.), Международной научно-практической конференции "Пути повышения эффективности агропромышленного комплекса в условиях вступления России в ВТО" (г. Уфа, 2003 г.)

Разработанные адаптационные модели будут в дальнейшем использованы в совместной работе Гидрометцентра Башкирского УГМС с управлениями сельского хозяйства республики и ТЭЦ г. Уфы, что подтверждается соответствующими заключениями.

В полном объеме диссертация обсуждалась на заседании секции Ученого совета Гидрометцентра России (ноябрь 2006г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ: 1 в электронном журнале, 4 печатных работы, из них одна в рецензируемом издании.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, содержащего 108 наименований. Общий объем работы составляет 148 страниц и содержит кроме основного текста 19 рисунков и 52 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертационной работы, указывается цель и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор исследований погоды и климата регионов Республики Башкортостан. Приводится краткое описание климатических и физико-географических особенностей. Установлено, что неоднородность характера подстилающей поверхности региона сказывается на формировании температурно-ветрового режима, мезо-микrokлимата, что проявляется в сложности прогнозирования метеорологических величин и явлений погоды. Выявлено, что территория Республики Башкортостан расположена на западной периферии зоны повышенной сложности прогнозирования, которая рассматривается как зона повышенной экономической уязвимости от метеорологических факторов.

Проанализированы многолетние данные по режимам температуры и ветра, выделены типовые синоптические условия образования заморозков, сильных ветров и других опасных явлений погоды.

Отдельный параграф посвящен анализу погодо-зависимости, т.е. оценке опасных гидрометеорологических условий и явлений погоды, влияющих на деятельность отраслей экономики. За период 1993-2003г.г. произведена выборка опасных явлений погоды наблюдавшихся на территории Республики Башкортостан. Дано описание ряда метеорологических условий, создавших чрезвычайные ситуации на территории республики.

Во второй главе рассмотрены теоретические основы экономической полезности использования в хозяйственной практике метеорологических прогнозов. Определена возможность экономически выгодной реализации прогнозов, которая предлагается при байесовском подходе к оценке результативности использования прогнозов. В основе такого подхода лежит оценка средних потерь (средних в статистическом смысле), при статистической обеспеченности повторяемости элементов матрицы сопряженности и их вероятностном представлении. Рассматривается функция, которая разделяется на классы в зависимости от условий реализации прогнозов и последствий погодо-хозяйственных решений потребителя.

Определены критерии, при которых решения потребителя являются оптимальными. Приводятся теоретические основы расчета средних потерь при принятии потребителем различных производственных решений. Формулы расчета средних (байесовских) потерь при методических и стандартных прогнозах позволяют установить их потребительскую полезность при оптимальных стратегиях и оптимальных оперативных решениях.

Дано метеоролого-экономическое описание модели оценки экономического эффекта и экономической эффективности и представлен соответствующий алгоритм - последовательность расчетных операций, состоящая из трех этапов.

На первом этапе устанавливается количественное описание зависимости потребителя от погоды. Оно предусматривает сбор данных, касающихся метеорологической зависимости потребителя, а также ряда экономических показателей, существенно различающихся в производственной практике исследуемых потребителей.

На втором этапе выполняется разработка матриц сопряженности методических и инерционных прогнозов как для альтернативной (заморозки), так и многофазовой (температура воздуха) дискретности. Приведены условия выбора стандартных прогнозов при оценке экономической полезности оперативных методических прогнозов.

Третий этап включает в себя непосредственно расчет средних (байесовских) потерь. При этом разность потерь при использовании стандартного (инерционного, случайного, климатического) и методического прогнозов представляет собой фактически сбереженные материальные средства или иные материальные ценности за счет использования оперативных методических прогнозов.

Обозначены следующие условия, при которых оценка экономического эффекта оперативных метеорологических прогнозов может дать достоверные результаты:

- для оценки экономического эффекта оперативных прогнозов необходимо выбирать достаточно продолжительный период времени (месяц, сезон), что позволяет считать выбранный непрерывный ряд прогнозов статистически обеспеченным.

- выбирается с учетом специфики работы потребителя начальный уровень отсчета полезности прогнозов – базовый вариант. Это могут быть инерционные или климатологические прогнозы, что позволяет установить выгоду реализации оперативных методических прогнозов.

- в качестве основной характеристики оценки экономического эффекта рассматривается уменьшение средних (статистических) потерь.

- обязательным условием оценки экономического эффекта оперативных методических прогнозов является учет произведенных на них затрат (себестоимость прогностической информации).

В третьей главе исследуется погодозависимость сельскохозяйственного производства, раскрывается содержание методической основы и дается численная оценка экономической полезности прогнозов в этой отрасли.

Особое внимание уделено такому особо опасному для земледелия республики явлению, как заморозки. Распределение дат первого и последнего заморозков и продолжительности безморозного периода по территории республики очень сложное, что объясняется разнообразием форм рельефа и высоты местности. Это существенно осложняет разработку прогнозов заморозков. Исследования, представленные в главе 1, раскрывающие синоптические условия возникновения заморозков, позволяют повысить успех их прогнозирования.

Рассматривается успешность оперативного прогнозирования заморозков как степень соответствия ожидаемых значений, содержащихся в тексте прогноза, фактически наблюдавшимся. В качестве мер успешности прогнозов используется ряд критериев, которые позволяют дать количественную оценку схождения прогноза факту и тем самым установить метеорологическую результативность прогнозирования. Оценка успешности выполнена на основании таких критериев, как : общая оправдываемость (p), отражающая только сумму оправдавшихся прогнозов; критерий надежности прогнозов по Н.А. Багрову (H); критерий точности прогнозов по М.А. Обухову (Q); информационное отношение (v), которое показывает какая часть неопределенности климатологических прогнозов устраняется с помощью методических прогнозов; критерий Хайдке (S), отражающий преимущество методических прогнозов относительно стандартных (инерционных, климатологических) и меры Гудмэна и Крускала (τ), которые рассматривают зависимость различных категорий (фаз) в пропорции наблюдаемых итогов.

Каждый из приведенных критериев не дает исчерпывающей информации об успешности прогнозов, в то время как совокупность их позволяет получить более полное представление об их качестве.

Критерии выбраны с учетом их идентифицирующих свойств распределений элементов матриц сопряженности, т.е. различных характеристик успешности: надежности, точности, преимуществ относительно природных прогнозов и других. Выбранный и использованный свод критериев образует единую комплексную модель оценки успеха прогнозирования.

По архивным материалам метеостанции Уфа - Дема рассмотрены данные температуры воздуха и обобщены все оперативные прогнозы заморозков за период времени с 1994 по 2003 г. в виде таблицы сопряженности. Для этого сопоставлялись две величины – прогноз заморозка и фактически наблюдавшаяся температура воздуха. Далее была рассчитана успешность методических и инерционных прогнозов по вышеперечисленным критериям, результаты которой были сведены в таблицы, распределив их по весенним и осенним заморозкам. Предельные значения критериев успешности

прогнозов и преимущество методических прогнозов относительно инерционных представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Предельные значения критериев успешности прогнозов весенних и осенних заморозков за период 1994-2003 гг.

Весенние заморозки		δ_{\max}	Осенние заморозки		δ_{\max}
$H_{\text{мет}}$ (0.4 – 0.84)	$H_{\text{ин}}$ (-0.08 – 0.46)	0.38	$H_{\text{мет}}$ (0.40 – 0.78)	$H_{\text{ин}}$ (-0.10 – 0.45)	0.33
$Q_{\text{мет}}$ (0.44 – 0.97)	$Q_{\text{ин}}$ (-0.08 – 0.46)	0.51	$Q_{\text{мет}}$ (0.43 – 0.88)	$Q_{\text{ин}}$ (-0.17 – 0.43)	0.45
$v_{\text{мет}}$ (0.14 – 0.78)	$v_{\text{ин}}$ (-0.07 – 0.36)	0.42	$v_{\text{мет}}$ (0.14 – 0.84)	$v_{\text{ин}}$ (-0.07 – 0.28)	0.56
$S_{\text{мет}}$ (0.4 – 0.84)	$S_{\text{ин}}$ (-0.08 – 0.46)	0.38	$S_{\text{мет}}$ (0.39 – 0.78)	$S_{\text{ин}}$ (-0.17 – 0.46)	0.32
$\tau_{\text{мет}}$ (0.17 – 0.73)	$\tau_{\text{ин}}$ (0.00 – 0.21)	0.52	$\tau_{\text{мет}}$ (0.18 – 0.61)	$\tau_{\text{ин}}$ (0.00 – 0.21)	0.40
$p_{\text{мет}}$ (70 – 97)	$p_{\text{ин}}$ (61 – 84)	13	$p_{\text{мет}}$ (69 – 96)	$p_{\text{ин}}$ (48 – 81)	15

За период 1999-2003 гг. составлены графики распределения критериев H , v и τ , рассчитанных для методических и инерционных прогнозов заморозков (рисунки 1, 2).

H, v, τ

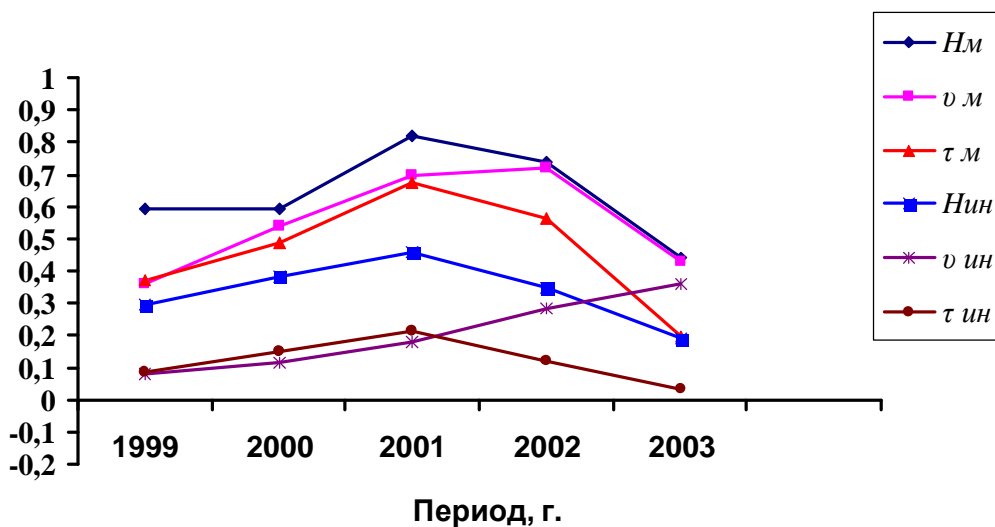


Рисунок 1 Критерии успешности (H , v , τ) прогноза весенних заморозков (H - по Н. А. Багрову, v - информационное отношение, τ - меры Гудмэна и Крускала).

H, v, τ

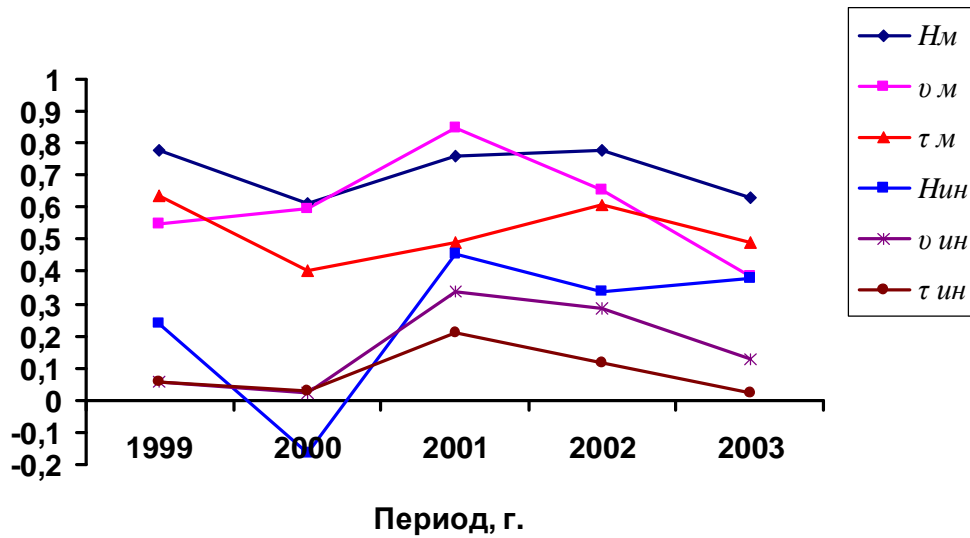


Рисунок 2 Критерии успешности (H, v, τ) прогноза осенних заморозков (H - по Н. А. Багрову, v - информационное отношение, τ - меры Гудмэна и Крускала).

Наибольшую метеорологическую предпочтительность методических прогнозов относительно инерционных позволяют установить такие критерии как Q, v, τ . Высокое качество методических прогнозов отмечается посредством критерия надежности по Н.А. Багрову H . Не так показателен критерий «общая оправдываемость» p .

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, методические прогнозы весенних и осенних заморозков по Республике Башкортостан оказались достаточно успешными. Выявлена целесообразность оперативного построения матриц сопряженности, что необходимо для постоянных расчетов экономической полезности методических прогнозов заморозков для сельхозпредприятий на территории республики.

Итоговая метеорологическая информация, представляющая оперативные прогнозы заморозков обобщается в виде таблиц сопряженности. В таблицах 2, 3 представлены результаты по одному из сельхозпредприятий.

Элементы матрицы – частоты n_{ij} реализации текстов прогнозов Π_j – есть вероятностное описание влияющего фактора (заморозка), что является необходимым условием выбора целевой функции (средних потерь \bar{R}) и последующей оценки полезности.

Таблица 2 – Матрица сопряжённости оперативных методических прогнозов заморозка для совхоза Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – капуста за период 1999-2003 гг.

Фактически наблюдался Φ_i	Прогноз заморозка Π_j		$\sum_{j=1}^m n_j$
	Заморозок прогнозировался $\Pi(t \leq 0)$	Заморозок не прогнозировался $\bar{\Pi}(t > 0)$	
Наблюдался $\Phi(t \leq 0)$	n_{11}	n_{12}	n_{10}
Не наблюдался $\bar{\Phi}(t > 0)$	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^n n_i$	n_{01}	n_{02}	N

Матрицы сопряженности по годам:

	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.	2003г.
методические прогнозы	$n_{ij} = \begin{vmatrix} 8 & 2 & 10 \\ 6 & 50 & 56 \\ 14 & 52 & 66 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 10 & 2 & 12 \\ 5 & 20 & 25 \\ 15 & 22 & 37 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 6 & 1 & 7 \\ 1 & 26 & 27 \\ 7 & 27 & 34 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 15 & 1 & 16 \\ 5 & 28 & 33 \\ 20 & 29 & 49 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 12 & 4 & 16 \\ 3 & 7 & 10 \\ 15 & 11 & 26 \end{vmatrix}$
инерционные прогнозы	$n_{ij} = \begin{vmatrix} 4 & 6 & 10 \\ 6 & 50 & 56 \\ 10 & 56 & 66 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 7 & 5 & 12 \\ 5 & 20 & 25 \\ 12 & 25 & 37 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 4 & 3 & 7 \\ 3 & 24 & 27 \\ 7 & 27 & 34 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 9 & 7 & 16 \\ 7 & 26 & 33 \\ 16 & 33 & 49 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 11 & 5 & 16 \\ 5 & 5 & 10 \\ 16 & 10 & 26 \end{vmatrix}$

Для относительно стабильного сельскохозяйственного объекта (потребителя) матрица потерь (таблица 3) мало меняется из года в год, если не вносятся существенные изменения в агротехнологию.

Таблица 3 – Матрица потерь для совхоза Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – капуста за период 1999-2003 гг.

Фактически было Φ_i	Потребитель ориентируется на прогноз, $d(\Pi)_j$	
	$d(t \leq 0)$	$\bar{d}(t > 0)$
$t \leq 0$	$s_{11}, \varepsilon = 0$	s_{12}
$t > 0$	s_{21}	$s_{22} = 0$

По годам установлено следующее:

	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.	2003г.
$s_{ij} =$	$\begin{vmatrix} 25.11 & 55.56 \\ 25.11 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 31.0 & 84.79 \\ 31.0 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 33.0 & 85.0 \\ 33.0 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 33.75 & 86.25 \\ 33.75 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 31.28 & 78.75 \\ 31.28 & 0 \end{vmatrix}$

Для оценки экономического эффекта прогноза заморозков используем следующую формулу:

$$\mathcal{E} = \beta N(\bar{R}_{ин} - \bar{R}_m - \mathcal{Z}_{п.п}), \quad (1)$$

где: $\beta = 0,5$ – коэффициент долевого участия системы Росгидромета в получении экономического эффекта в сельском хозяйстве;

N – общее число прогнозов заморозков – всех прогнозов, выдаваемых потребителю за период посадочных работ, плюс дополнительно за то число дней, когда заморозок ещё возможен согласно климатическим данным, т. е. в целом за некоторый период t ;

$\bar{R}_{ин}$ – общие средние потери, которые может нести потребитель, если он будет использовать инерционные прогнозы температуры воздуха;

\bar{R}_m – общие средние потери, которые может нести потребитель, используя оперативные прогнозы заморозка;

$\mathcal{Z}_{п.п}$ – стоимость затрат на прогнозы.

На примере сельхозпредприятий Уфимского района Республики Башкортостан были проведены расчеты экономического эффекта прогнозов весенних и осенних заморозков для различных сельскохозяйственных культур. Результаты расчетов экономической полезности прогнозов по совхозу Дмитриевский сведены в таблицу 4 и показаны на графике (рисунок 3).

Таблица 4 – Расчет экономического эффекта (\mathcal{E}) и экономической эффективности (P) прогнозов весенних заморозков для совхоза Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – капуста.

критерии оценки	годы				
	1999	2000	2001	2002	2003
$\bar{R}_{мет}$, тыс. руб./пр.	7.03	17.22	9.40	15.57	30.41
$\bar{R}_{ин}$, тыс. руб./пр.	8.93	21.67	14.63	23.57	34.71
$\bar{R}_{мет}$, при $\varepsilon = 0$, тыс. руб./пр.	0.28	-5.76	-5.71	-10.87	-6.19
$\bar{R}_{ин}$, при $\varepsilon = 0$, тыс. руб./пр.	5.49	5.47	4.29	7.50	1.07
\mathcal{E} , тыс. руб.	165	203	165	443	90
P	11.91	20.31	16.00	29.81	10.18
$P_{кл}$	0.152	0.324	0.206	0.327	0.615
C/L^*	0.451	0.364	0.385	0.389	0.392
$\bar{R}_{кл1}(P_{кл} > C/L^*)$, тыс.руб./сл.	—	—	—	—	31.275
$\bar{R}_{кл2}(P_{кл} < C/L^*)$, тыс. руб./сл.	8.535	27.890	18.272	28.696	—

Примечание: знак (-) при $\bar{R}_{\text{мет}}$ означает выгоду использования прогнозов – «отрицательные потери».

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в период с 1999 по 2003 гг. совхоз несет наименьшие потери при использовании методических прогнозов.

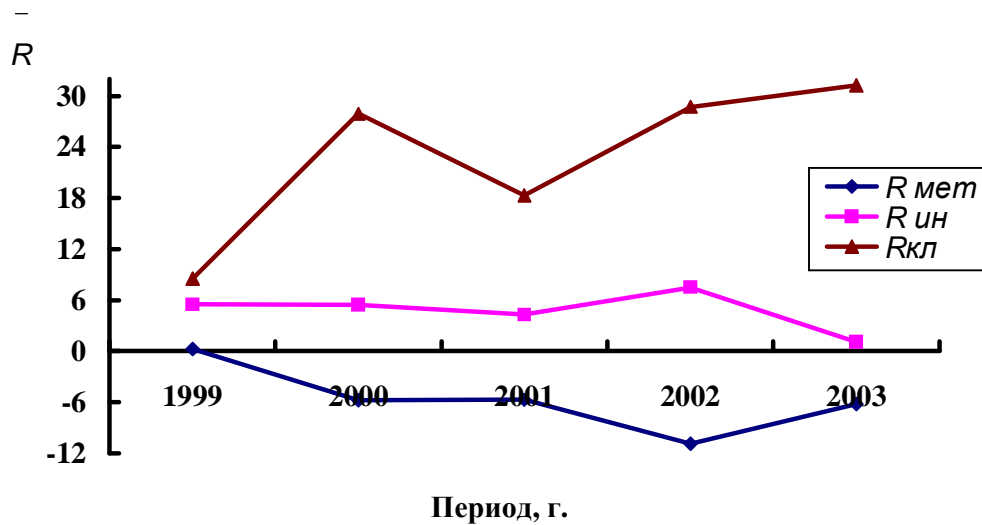


Рисунок 3 Средние потери \bar{R} в совхозе Дмитриевский при использовании различных хозяйственных (метеоролого-экономических) стратегий при выращивании сельскохозяйственной культуры – капусты.

В Главе 4 рассматриваются функции тепловых и стоимостных потерь и дается оценка экономической полезности метеорологических прогнозов в теплоэнергетике Республики Башкортостан.

Отмечено, что в связи с развитием нефтеперерабатывающих, химических и нефтехимических предприятий в республике, сеть теплоэлектростанций характеризуется благоприятными технико-экономическими показателями (низкий удельный расход топлива и низкая себестоимость тепловой и электрической энергии). Следовательно, реализация энергосберегающей политики в системе теплоснабжения республики может дать ощутимый экономический эффект. Особое значение здесь приобретает учет метеорологических факторов.

Задача, прежде всего сводится к нахождению некоторой функции, которая связывала бы затраты на отопление с температурой наружного воздуха. Большая инерционность теплоносителя исключает постоянную подстройку ТЭЦ под «текущую» температуру. Возникает необходимость

дискретной подстройки на основании ожидаемых значений температуры воздуха.

Расчёт перерасхода Q_n или недодачи Q_n тепловой энергии осуществляется как на участке линейного, так и экспоненциального распределения Q в зависимости от возможных ошибок прогнозирования температуры воздуха $\Delta t_{пр}$.

Предварительно устанавливаются области малых и больших ошибок температуры. Далее задача состоит в том, чтобы по заданным значениям ошибок

$$\Delta t_{пр} = t_{пр} - t_{ф} < 0 \text{ – область избыточного теплоснабжения и} \quad (2)$$

$$\Delta t_{пр} = t_{пр} - t_{ф} > 0 \text{ – область недостаточного теплоснабжения}$$

непрерывную функцию тепловых потерь представить в дискретном (“кусочном”) виде. Процедура дискретизации выполняется на всём участке распределения тепловых и стоимостных потерь (Q и S). Причём, на линейной части его значения Q_n и Q_n имеют симметричное распределение и устанавливаются по формулам:

$$Q_n(\Delta t_{пр}) = - \frac{Q_p^T}{t_n - t_p} \Delta t_{пр} \text{ , при } \Delta t_{пр} < 0 \quad (3)$$

$$Q_n(\Delta t_{пр}) = \frac{Q_p^T}{t_n - t_p} \Delta t_{пр} \text{ , при } \Delta t_{пр} > 0 \quad (4)$$

Функции тепловых потерь ТЭЦ при известных технико-экономических характеристиках и издержках реализации тепловой энергии отражают последствия ошибочности учета ожидаемых условий погоды в регулировании работы теплоисточника.

Для ТЭЦ-4 г.Уфа рассчитана функция тепловых потерь, представленная в матричном виде и произведена оценка экономического эффекта и экономической эффективности использования ТЭЦ прогнозов температуры воздуха за отопительные периоды 1999-2003 гг.

Расчеты выполнены в два этапа. На первом этапе были разработаны матрицы сопряженности многофазовых методических прогнозов температуры воздуха. На втором этапе в соответствии с принятым алгоритмом расчета определены тепловые показатели Q_n и Q_n и их стоимостные значения.

Для разработки матриц сопряженности использовались прогностические (Π_j) и фактические (Φ_i) значения температура воздуха за отопительные периоды с 1999 по 2003 гг.

Результаты обработки значений температуры воздуха для ТЭЦ-4 г. Уфа представлены в виде матриц сопряженности.

Длина отопительных периодов, что соответствует общему числу суточных прогнозов N , составляла:

годы	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
N	203	189	212	209	212

Анализ матриц сопряженности показывает, что в ситуациях полностью верных прогнозов ($n_{i=i}$) – на главной диагонали – число методических прогнозов ($n_{i=j}$)_М существенно больше инерционных ($n_{i=j}$)_{ИН}. Это отражает одно из важных преимуществ методических прогнозов температуры воздуха относительно инерционных. Заметим, что инерционные прогнозы обладают свойством несмещенности: частота осуществления инерционного прогноза (n_{0j})_{ИН} равна частоте их природной (климатической) реализации (n_{i0}). Вместе с тем отмечается различие частот (n_{ij})_М и (n_{ij})_{ИН}. В случае ошибок пропусков ($t_{пр} > t_{ф}$) и ошибок страховок ($t_{пр} < t_{ф}$) во все отопительные сезоны отмечается преимущество методических прогнозов относительно инерционных.

Сказанное подтверждает успешность прогнозирования температуры воздуха, что определялось отличным знанием синоптических процессов и полным учетом факторов, влияющих на изменение температуры воздуха у поверхности земли (гл. 1).

По данным ТЭЦ-4 г.Уфа, справочным материалам и метеорологическим данным согласно разработанного алгоритма получены следующие параметры:

- расчетная тепловая нагрузка (тепловая мощность) $Q'_p = 1561$ Гкал/час;
- расчетная температура наружного воздуха $t_p = -35.8$ °С;
- температура воздуха в отапливаемом помещении $t_n = 18$ °С;
- погрешность измерения температуры воды $\Delta t_g = 1$ °С;
- разница между расчетными значениями температуры прямой и обратной воды $t' - t'' = 80$ °С;
- средняя температура воздуха за отопительный период $\bar{t}_{om} = -6.4$ °С;
- себестоимость выработки тепла на ТЭЦ-4

$c_n =$ от 0.065 тыс.руб/ Гкал (1999г.) до 0.173 тыс.руб/ Гкал (2003г.)

при этом $c_H = 3 c_n$

Тепловые сети устаревших конструкций и технологий теплозащиты, как правило, несут потери тепла. Такие потери называются технологическими (ΔQ_0).

$$\Delta Q_0 = \pm \frac{2Q'_p \Delta t_g}{t' - t''}. \quad (5)$$

Применительно к ТЭЦ - 4 г. Уфы получим:

$$\Delta Q_0 = \pm \frac{2 \times 1561 \times 1}{80}$$

$$\Delta Q_0 = 39.025 \text{ Гкал}$$

Среднеквадратическое отклонение расходов тепла по технологическим причинам $\sigma_{\Delta Q}$ для ТЭЦ-4 г.Уфа:

$$\sigma_{\Delta Q} = 0.18 Q_p^t \frac{t_n - \bar{t}_{om}}{t_n - t_p} \quad (6)$$

$$\sigma_{\Delta Q} = 0.18 \times 1561 \frac{18 - (-6,4)}{18 - (-35,8)}$$

$$\sigma_{\Delta Q} = 127.43 \text{ Гкал}$$

- за все отопительные периоды величина постоянная.

На рисунке 4 дано графическое отображение распределения Q_p , Q_H и соответственно s_p , s_H за разные отопительные периоды ТЭЦ-4 г.Уфа при различных ошибках прогнозирования и условия стратегии доверия прогнозам.

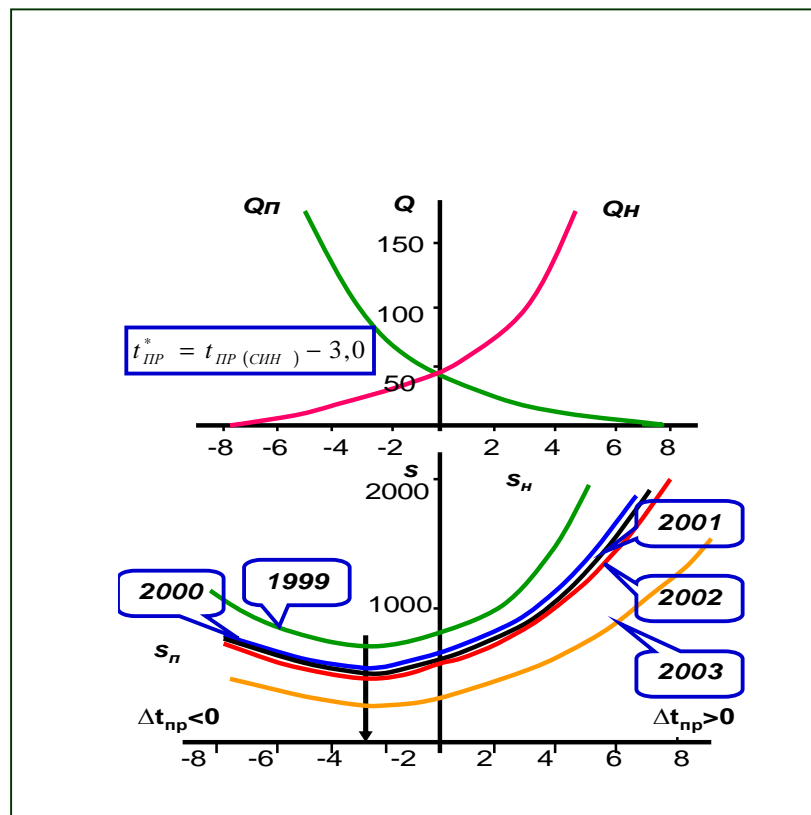


Рисунок 4 Функции тепловых (Q_p, Q_H) и стоимостных (s_p, s_H) потерь для ТЭЦ-4 г.Уфа

В качестве предельной величины ошибок (Δt_{np}), разделяющей области малых и больших ошибок принимается $|\Delta t_{np}|$, составляющий для ТЭЦ-4:

$|\Delta t_{пр}| \leq 7.9 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ - постоянная за каждый отопительный период величина, характеризует работу ТЭЦ-4.

Суммарное значение $s(\Delta t_{пр}) = s_{п} + s_{н}$ представляет собой функцию метеорологических потерь, что позволяет построить матрицу метеорологических потерь ТЭЦ-4 г.Уфа за каждый отопительный период.

Анализ приведенных функций показывает, что минимум потерь приходится на $\Delta t_{пр} = -3 \text{ } ^\circ\text{C}$. Это значение ошибки принимается в качестве оптимизационной поправки к ожидаемой средней температуре воздуха на заданный период.

При использовании методических прогнозов и стратегии доверия устанавливаются средние потери на основании матрицы систематических потерь

$$\bar{R}_m = \sum_{j=1}^m p_{0j} \bar{R}_{kj} (i=j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m n_{0j} \bar{R}_{kj} (i=j). \quad (7)$$

Аналогично, при использовании инерционных прогнозов

$$\bar{R}_{ин} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m (n_{0j})_{ин} (\bar{R}_{kj} (i=j))_{ин}. \quad (8)$$

Далее, рассчитываем экономический эффект при стратегии доверия с учетом затрат на прогностическую информацию:

$$\mathcal{E}_m = bN(\bar{R}_{ин} - \bar{R}_m - \mathcal{Z}_{ин}). \quad (9)$$

Использование методических прогнозов при оптимальной стратегии позволяет установить средние потери:

$$\bar{R}_{мо} = \sum_{j=1}^m p_{0j} R_{мин} (\Pi_j). \quad (10)$$

Экономический эффект оптимального использования методических прогнозов равен:

$$\mathcal{E}_{мо} = bN(\bar{R}_{ин} - \bar{R}_{мо} - \mathcal{Z}_{ин}). \quad (11)$$

Выигрыш при этом составляет

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{мо} - \mathcal{E}_m. \quad (12)$$

Экономическая эффективность использования методических прогнозов находится следующим образом

$$P = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{Z}_{ин} N}. \quad (13)$$

Анализ матрицы сопряженности показал, что успешность оперативных прогнозов температуры воздуха в настоящее время ещё не достаточно высока и требует совершенствования методов прогнозирования.

Потенциальные возможности реальных прогнозов температуры можно установить по отношению к идеальным, для которых условные вероятности осуществления текстов прогнозов есть $q_{ij}(i=j)=1$. Условные средние потери при идеальном прогнозе температуры воздуха (R_{ud}) и стратегии доверия для ТЭЦ-4 г. Уфа определяются в различные отопительные периоды и изменяются от 294.21 до 783.05 тыс. руб./прогноз. Экономический эффект мог бы составить величину от 7.5 до 12.5 млн. руб.

$$\mathcal{E}_{ud} = bN(\bar{R}_{ин} - \bar{R}_{ud} - \mathcal{Z}_{ин}). \quad (14)$$

Получив значения экономического эффекта идеальных (\mathcal{E}_{ud}) прогнозов при стратегии доверия, можно определить экономический резерв оперативных методических прогнозов температуры воздуха:

$$d \mathcal{E} = \mathcal{E}_{ud} - \mathcal{E}_м. \quad (15)$$

Результаты всех расчетов приведены в таблице 5.

Расчет теплотехнических параметров, а также итоговых значений S_n , S_H и s выполняются поэтапно и заблаговременно. В конце отопительного сезона составляются матрицы сопряженности методического и инерционного прогнозов температуры воздуха и выполняется весь комплекс расчетов.

Таблица 5 – Итоговая таблица расчетов экономического эффекта и экономической эффективности использования методических прогнозов температуры воздуха ТЭЦ-4 г.Уфа за отопительные периоды 1999-2003гг.

Параметры расчета	Годы				
	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
$\bar{R}_м$ (тыс.руб./прогноз)	342.03	584.80	618.50	589.86	835.23
$\bar{R}_{ин}$ (тыс.руб./ прогноз)	417.94	704.88	696.52	734.51	980.90
$\mathcal{E}_м$ (тыс.руб.)	4616.83	6802.75	4955.60	9063.46	9258.31
$\bar{R}_{мо}$ (тыс.руб./ прогноз)	304.78	528.31	504.05	544.77	754.75
$\mathcal{E}_{мо}$ (тыс.руб.)	6885.19	10010.99	12234.59	11890.72	14376.55
$\Delta \mathcal{E}$ (тыс.руб.)	2268.35	3208.24	7278.99	2827.26	5118.24
P	339.17	529.68	577.10	568.93	678.14
R_{ud} (тыс.руб/ прогноз)	294.21	520.52	529.57	547.68	783.05
\mathcal{E}_{ud} (тыс.руб.)	7528.95	10447.62	10611.46	11708.13	12576.79
$d \mathcal{E}$ (тыс.руб.)	2912.12	3644.87	5655.86	2644.67	3318.48

Как видим, экономический эффект колеблется, в зависимости от реализации прогнозов, от 4 до 14 млн. руб. за отопительный период, при этом экономическая эффективность достигает 680 (отопительный период 2002-2003 гг.). Это означает, что данная ТЭЦ в этот период на 1 рубль затрат в системе гидрометслужбы (на разработку прогноза) получает 680 руб. как результат снижения потерь.

Можно сделать вывод, что данная методика позволяет не только оценить экономическую полезность прогнозов температуры воздуха для ТЭЦ, но и установить оптимальные для данной ТЭЦ условия их реализации, что заметно повышает не только экономический эффект этих прогнозов. Оптимальная реализация прогнозов позволяет существенно повысить энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике Республики Башкортостан.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования.

- Установлено, что неоднородность физико-географического положения и региональные особенности Республики Башкортостан отражаются на сложности прогнозирования метеорологических величин и явлений погоды. Территория республики находится на западной периферии зоны повышенной сложности прогнозирования, которая рассматривается как зона повышенной экономической уязвимости от метеорологических факторов.

- Выделены типовые синоптические процессы возникновения опасных условий погоды – сильных ветров, сильных осадков и заморозков на территории Республики Башкортостан.

- Установлено, что заморозки, наблюдающиеся на территории Республики Башкортостан, достаточно частое метеорологическое явление. Весенние заморозки наблюдаются до середины июня (особенно в горных районах), а осенние начинаются в сентябре (в горных районах в начале месяца).

- Установлены количественные характеристики наиболее часто повторяющихся опасных и неблагоприятных явлений погоды (сильный ветер, метель, сильный снег, гололёд, дождь, град, гроза), дана их статистическая оценка, разработан и апробирован алгоритм расчета функций тепловых (Q_n , Q_H) и стоимостных (s_n , s_H) потерь для ТЭЦ-4 г.Уфа и сельхозпредприятий Уфимского района Республики Башкортостан

- За 10-летний период (1993-2002 гг.) обобщены оперативные прогнозы весенних и осенних заморозков в виде матриц сопряжённости и рассчитана успешность методических и инерционных прогнозов по критериям, предложенным Н.А. Багровым (H), М.А. Обуховым (Q), Хайдке (S), Л. Гудмэном и Е. Крускалом (τ), наряду с общей оправдываемостью (P) и информационным отношением (v).

- Установлена достаточно высокая успешность методических прогнозов заморозков, их оперативное преимущество относительно инерционных, что особенно проявляется по критериям Обухова (Q), информационное отношение (v) и Гудмэна - Крускала (τ). Критерий общая оправдываемость (P) слабо чувствителен к изменениям успеха прогнозирования.

- В основу всех представленных расчётов положен байесовский подход, позволяющий рассчитать средние в статистическом смысле потери потребителя и установить сравнительную оценку снижения потерь при использовании методического прогноза относительно стандартного (инерционного).

- Исследуя метеорологические данные, экономические показатели совхозов Республики Башкортостан были построены матрицы потерь потребителя и рассчитан экономический эффект и экономическая эффективность прогнозов весенних и осенних заморозков. Было установлено, что преимущественно оптимальной оставалась стратегия ориентации на прогнозы. Экономический эффект использования прогнозов заморозков за исследуемый период составил 1850 тыс. руб. по данным совхозам или в среднем 123 тыс. руб. по совхозу за один период.

- Апробированы по фактическим данным потребителей климатологические стратегии $S_{кл1}$, $S_{кл2}$, $S_{пр}$ (постоянной защиты, пренебрежения или доверия метеорологическим прогнозам) с учетом затрат на меры защиты и возможных метеорологических потерь и установлено, что при отсутствии прогнозов целесообразна стратегия постоянной защиты $S_{кл1}$.

- Разработав и используя алгоритм расчета, были определены функции тепловых ($Q_{п}$, $Q_{н}$) и стоимостных ($s_{п}$, $s_{н}$) потерь, что позволило установить матрицы потерь для ТЭЦ-4 г.Уфа, как базового условия оценки экономической полезности прогнозов температуры воздуха.

- Расчеты показателей экономической полезности – экономического эффекта и экономической эффективности – выполненные за пять отопительных периодов (1999-2003г.г.), показали существенное снижение средних потерь при использовании методических прогнозов относительно инерционных (текущей погоды) и соответственно высокую экономическую полезность (\mathcal{E} , P).

- Расчеты показывают, что экономический эффект использования оперативных методических прогнозов температуры воздуха на ТЭЦ-4 г.Уфа составляет в среднем за отопительный сезон 6940 тыс. руб., в то время как оптимальное использование прогнозов позволяет увеличить экономический эффект до 11080 тыс. руб. за отопительный сезон.

- Экономическая эффективность за исследуемый период достигает значений 340 – 680 рублей на рубль затрат в прогностическом

подразделении, необходимых на разработку соответствующих прогнозов для теплоэнергетики.

- Анализ матриц сопряженности прогнозов температуры воздуха показывает необходимость дальнейшего совершенствования методов прогнозирования среднесуточной температуры воздуха по г. Уфа.

- На основании полученных результатов внесены уточнения в методику расчета Гидрометцентром Башкирского УГМС экономической эффективности использования методических прогнозов заморозков в сельскохозяйственном производстве и среднесуточной температуры воздуха для теплоэнергетики Республики Башкортостан.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1 Волобуева, О.В. Оптимальное использование нефтегазовых топливных ресурсов с учетом метеорологической информации в топливно-энергетической отрасли экономики республики Башкортостан [Электронный ресурс] / О.В. Волобуева // Нефтегазовое дело: Электронный научный журнал / Уфин. гос. нефт. техн. ун-т.– Уфа: УГНТУ, 2007.–Режим доступа к журналу: webmaster: webmaster @ ogbus.ru

2 Волобуева, О.В. Особенности специализированного гидрометеорологического обслуживания транспортных отраслей и экономическая полезность использования прогнозов заморозков в сельскохозяйственном производстве Республики Башкортостан [Текст] / О.В. Волобуева, В.З. Горохольская // Метеоспектр.–2006.–№ 2.–С.86–92.

3 Волобуева, О.В. Экономическая полезность метеорологических прогнозов в теплоэнергетике Республики Башкортостан [Текст] / О.В. Волобуева, Л.А. Хандожко, А.А. Коршунов // Метеоспектр.–2006.–№ 2.–С.57–65.

4 Волобуева, О.В. Специализированное гидрометеорологическое обеспечение некоторых отраслей экономики Республики Башкортостан и пути повышения его качества [Текст] / О.В. Волобуева, В.З. Горохольская // Метеоспектр.–2006.–№ 3 – С.82 – 87.

5 Горохольская, В.З. Сильные ветры и метели на территории Республики Башкортостан [Текст] / В.З. Горохольская, О.В. Волобуева // Метеорология и гидрология.–2006.–№ 7.–С.49 – 55.