

ЗНАЧЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СРЕДНИХ ПОТЕРЬ ОТ ЗАМОРОЗКОВ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты расчетов средних потерь, обусловленных заморозками в Томской области, и показано, что использование оперативных прогнозов заморозков позволяет существенно уменьшить потери по сравнению с климатическими данными. При расчетах использованы такие экономические характеристики, как стоимость защитных мероприятий по предотвращению заморозков, потери от них, коэффициент непредотвращенных потерь. В качестве метеорологических параметров взяты климатическая вероятность заморозков, оправдываемость оперативных прогнозов заморозков. Рассмотрена оптимальная стратегия, позволяющая минимизировать средние потери за счет использования климатических и прогностических данных о заморозках.

Ключевые слова: заморозки; оперативные прогнозы; средние потери; оптимальная стратегия.

Одной из важных задач экономики России является рост национального производства для достижения устойчивого развития общества и удовлетворения потребностей людей. Наряду с основными производственными факторами, которые определяют развитие отраслей или отдельных предприятий, в последнее время все большее внимание уделяется учету влияния природы и окружающей среды. Это влияние проявляется в виде ущерба и потерь в результате опасных гидрометеорологических, экологических и природных бедствий, влияния климата и его изменений. Поэтому одной из задач Федеральной гидрометеорологической службы РФ является уменьшение ущерба, наносимого экономике страны неблагоприятными погодными условиями, а также повышение эффективности функционирования экономики за счет рационального использования благоприятных факторов природной среды [1. С. 5]. Кроме того, в условиях рыночных отношений важной задачей является повышение эффективности использования гидрометеорологической информации.

При планировании любых производственных процессов (проектирование зданий и сооружений, систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, планировка и застройка городских и сельских поселений; выращивание различных сельскохозяйственных культур в разных районах, определение сроков сева, уборки урожая, выполнение агротехнических мероприятий и т.д.), как правило, учитываются климатические факторы. Так, при выборе оптимальной стратегии потребитель может ориентироваться на такие климатические характеристики, как вероятность (повторяемость) осуществления опасного, неблагоприятного состояния или явления погоды [2. С. 272]. Сейчас в разных отраслях используется большое количество различных показателей (например, [5–8]).

Наряду с климатическими характеристиками широко используются фактические сведения о погоде и прогностические данные, благодаря которым можно оптимизировать деятельность предприятий. Однако, несмотря на имеющиеся актуальные теоретические экономико-метеорологические исследования, на практике отсутствуют рекомендации по принятию решений для оптимизации работы предприятий, а экономический эффект, связанный с метеоусловиями, не рассчитывается. Важность подобных работ очевидна для уменьшения потерь от самых разных неблагоприятных метеорологических явлений, в том числе гроз [3], заморозков, других атмосферных явлений [4].

Целью работы является рассмотрение следующих вопросов: расчет средних потерь, обусловленных ве-

сенными заморозками в Томской области, при использовании климатической и прогностической информации; оценка выигрыша за счет использования прогнозов весенних заморозков; формулировка оптимальной стратегии, позволяющей минимизировать средние потери за счет использования климатических и прогностических данных о заморозках.

В качестве исходных данных использованы сведения Томского Гидрометцентра о заморозках в Томской области за период с 1999 по 2008 г. Рассмотрены все случаи, когда наблюдались весенние заморозки на станциях области. Данные по климатическим характеристикам (средние и крайние даты последнего заморозка весной) взяты для ст. Томск. Крайние даты – это самые ранние и самые поздние случаи появления весенних заморозков. Кроме сведений о заморозках использованы прогностические данные (был ли данный заморозок предсказан прогнозом), примерные затраты на мероприятия по защите от заморозков, а также сведения о реальном или возможном ущербе от него.

Общий методологический подход основан на положениях Л.А. Хандожко [2. Гл. 10–12].

Некоторые теоретические положения и оценка средних потерь при использовании климатических данных

Во многих сельскохозяйственных организациях России весенние заморозки вызывают значительные потери в начальной стадии выращивания сельскохозяйственных культур. Естественное противостояние этому природному явлению – эффективные меры защиты.

На территории России в заморозко-опасный период применяются различные по стоимости защитные мероприятия. Так, важен учет микроклимата, укрытие всходов, дымление. Наиболее эффективной мерой принято считать метод дождевания (орошения), признанный как бесспорно себя окупающий. Эффективным методом борьбы с заморозками является строительство теплиц. Применение всех этих мероприятий должно быть оптимальным, что требует знания как климатической, так и прогностической информации [9, 10].

В качестве основной климатической характеристики рассмотрена средняя многолетняя повторяемость заморозков (n_{10}) за два периода: первый период характеризует начало вегетации растений и продолжается от первого до последнего заморозка, когда температура воздуха весной устойчиво держится выше 5°C; второй период – время активной вегетации растений, продолжается от

первого до последнего весеннего заморозка и характеризуется устойчивым переходом температуры воздуха выше 10°C. Продолжительность периодов определена по климатическим данным для г. Томска [11. С. 47].

Наряду с повторяемостью заморозков на практике используется также вероятность заморозков $p_{10} = n_{10} / N$, где N – общее число наблюдений. Величины n_{10} и p_{10} могут быть определены из таблицы вероятностей, которая строится по фактическим данным за многолетний период (табл. 1).

Таблица 1

Таблица повторяемости (вероятностей) заморозков

Наличие заморозка	Число случаев (вероятность)	Общее число реализаций в выборке
Заморозок был	$n_{10} (p_{10})$	N
Заморозка не было	$n_{20} (p_{21})$	

Величина p_{10} – это климатологический прогноз осуществления заморозка, определяется по климатическим данным.

При выполнении работ хозяйственник при известной вероятности наступления заморозка может выбрать одну из двух стратегий: или постоянно защищаться от них, или постоянно пренебрегать защитой. Потребитель, выбирая ту или иную стратегию, может применять эффективные меры защиты от заморозков. В практике оценки потерь от неблагоприятных погодных условий вводятся такие понятия, как кардинальные меры защиты и коэффициент непредотвращенных потерь ε . При кардинальных мерах защиты ($\varepsilon = 0$) работы по предупреждению заморозков стоимостью C полностью предотвращают убытки L от них. В реальных условиях $0 \leq \varepsilon \leq 1$, т.е. предпринятые меры защиты не полностью, а частично предотвращают убытки (в сельском хозяйстве ε всегда больше нуля [12. С. 14]). Кроме того, исходя из экономических соображений, меры защиты стоимостью C существенно меньше возможных потерь, т.е. $0 < C < L$.

При выборе стратегии удобно строить таблицу (матрицу) потерь (табл. 2). В случае с заморозком таблица наиболее простая, так как содержит два варианта погоды (заморозок был или его не было) и два варианта действий (производственник может ориентироваться либо на заморозок, либо на благоприятную погоду).

Таблица 2

Общий вид стоимостной матрицы потерь. Потери при альтернативном действии потребителя информации, руб./прогноз

Наличие заморозка по фактической погоде	Стратегия предприятия	
	Ориентироваться на наличие заморозка	Ориентироваться на отсутствие заморозка
Заморозок был	C	L
Заморозка не было	C	0

Понятно, что если ориентироваться на заморозок, то следует предпринять меры защиты стоимостью C ; если поступить наоборот, то при наличии заморозка потребитель понесет потери стоимостью L .

Было показано [13. С. 5], что для получения минимальных средних потерь за определенный период, если вероятность опасного условия погоды p_{10} больше отношения C/L , потребитель должен выбрать стратегию постоянной защиты. Это первая климатологическая

стратегия E_1 , или стратегия перестраховки, предполагающая, что меры защиты, согласно технологии выполняемых действий, следует применять постоянно.

Если вероятность опасного условия погоды p_{10} меньше отношения C/L , то потребитель должен выбирать стратегию пренебрежения (не применять мер защиты). Это вторая климатологическая стратегия E_2 [2. С. 273].

Можно рассчитать средние потери при использовании каждой из стратегий. При использовании первой климатологической стратегии средние потери R_{s1} , которые несет потребитель, равны $R_{s1} = C$. Для второй климатологической стратегии средние потери $R_{s2} = Lp_{10}$.

При выполнении расчетов в работе использованы нормированные потери E : $E = R_s / L$. Здесь L – максимально возможные потери, которые удастся предотвратить благодаря принятым мерам защиты. В этом случае нормированные потери E являются безразмерной величиной. Тогда для первой климатологической стратегии $E = C/L$, для второй $E = p_{10}$.

На рис. 1 представлены средние потери для двух климатологических стратегий (для примера взят случай, когда повторяемость заморозка составляет 0,25). Лучшей является та, для которой нормированные потери E меньше.

Из рис. 1 видно, что минимальные значения нормированных потерь E – это ломаная жирная линия, при малых C/L – сплошная линия, далее – пунктир. Очевидно, что средние потери тем меньше, чем меньше вероятность заморозков и чем меньше величина C/L .

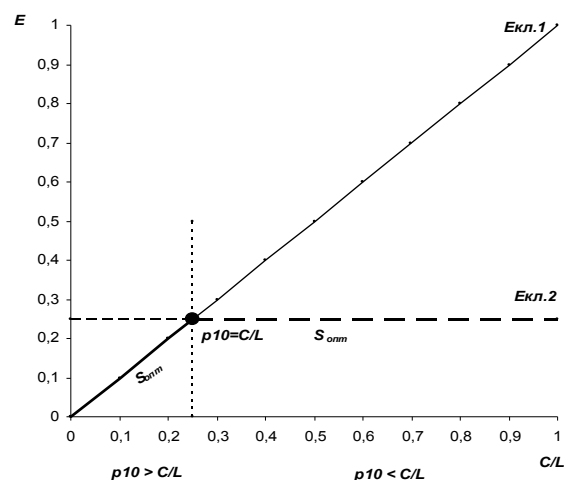


Рис. 1. Нормированные потери для двух климатических стратегий: перестраховки и пренебрежения мерами защиты

На практике меры защиты не позволяют полностью предотвратить потери, если опасное условие погоды наступило. В этом случае нормированные потери E несколько отличаются от рассмотренных при кардинальных мерах защиты. Для стратегии постоянной защиты

$$E_{\text{кл1}} = \frac{C}{L(1-\varepsilon)} + p_{10} \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}. \quad (1)$$

В случае пренебрежения опасными условиями нормированные потери определяются по формуле (2) [2. С. 283]:

$$E_{\text{кл2}} = \frac{p_{10}}{(1-\varepsilon)}. \quad (2)$$

В любом случае при некардинальных мерах защиты нормированные потери больше. Чем больше ε , тем больше нормированные потери при прочих равных условиях. Таким образом, для конкретных условий на основании стандартных экономико-метеорологических характеристик (C , L , ε) и сведений о вероятности наступления опасного явления можно рассчитать средние потери от заморозков.

Оценка средних потерь при использовании прогнозов заморозков

В хозяйственной практике потребитель, кроме климатологических прогнозов, все больше ориентируется на оперативные прогнозы. При использовании прогнозов важна их оправдываемость, которая влияет на экономические показатели. При выполнении расчетов обычно используется матрица оправдываемости прогнозов погоды, общий вид которой дан в табл. 3.

Таблица 3

Матрица сопряженности (оправдываемости) прогноз – факт наличия заморозков

Наличие заморозка	Прогноз заморозка		Общее число реализаций
	Заморозок будет	Заморозка не будет	
Заморозок был	$n_{11} (p_{11})$	$n_{12} (p_{12})$	$n_{10} (p_{10})$
Заморозка не было	$n_{21} (p_{21})$	$n_{22} (p_{22})$	$n_{20} (p_{20})$
Сумма	$n_{01} (p_{01})$	$n_{02} (p_{02})$	$N (1)$

Матрица оправдываемости прогнозов заморозков содержит два прогностических условия: «заморозок ожидается, прогнозируется» или «не ожидается, не прогнозируется», и два условия исхода, т.е. что фактически наблюдалось: «явление было» или «явления не было».

В табл. 3 значения даны в числе случаев, в скобках даны соответствующие вероятности осуществления сочетаний прогноз заморозка – фактическое появление заморозка.

При использовании прогностической информации (методических прогнозов) нормированные потери E_m могут быть рассчитаны по формуле [2. С. 283]:

$$E_m = \frac{C}{L(1-\varepsilon)} p_{01} + p_{11} \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} + \frac{p_{12}}{1-\varepsilon}. \quad (3)$$

Здесь p_{01} – вероятность прогнозов наличия заморозков; p_{11} – вероятность оправдавшихся прогнозов наличия заморозков; p_{12} – вероятность неоправдавшихся прогнозов отсутствия заморозков.

Из (3) видно, что чем больше вероятность неоправдавшихся прогнозов, тем больше потери от заморозков.

Расчет потерь при использовании оперативных прогнозов заморозков основывается на совместном использовании таблиц повторяемости и потерь.

Были выполнены расчеты нормированных потерь для случаев, когда использовалась только климатическая информация (для двух климатологических стратегий), и с учетом оперативных прогнозов весенних заморозков. Построены номограммы потерь, позволяющие провести анализ нормированных потерь E при различных стратегиях потребителей. В расчетах использовались разные значения C/L . Бралась также раз-

ные, но реальные значения коэффициентов непредотвращенных потерь (ε). Расчеты выполнены для двух вариантов оправдываемости прогнозов ($P = 98$ и $P = 90\%$) (табл. 4, 5).

Таблица 4

Матрица оправдываемости прогнозов заморозков. $P = 98\%$

Наличие заморозка	Прогноз заморозка		Сумма
	Заморозок будет	Заморозка не будет	
Заморозок был	0,090	0,004	0,094
Заморозка не было	0,020	0,886	0,906
Сумма	0,110	0,890	1,000

Таблица 5

Матрица оправдываемости прогнозов заморозков. $P = 90\%$

Наличие заморозка	Прогноз заморозка		Общее число реализаций
	Заморозок будет	Заморозка не будет	
Заморозок был	0,055	0,035	0,090
Заморозка не было	0,065	0,845	0,910
Сумма	0,120	0,880	1,000

Ниже представлен один из вариантов матрицы потерь, характерный для Томской области (табл. 6). Исходя из данных, представленных в матрице потерь, стоимость предупредительных мер по защите от заморозка (при получении оперативного прогноза заморозка) составляет 4 тыс. руб., потери от него – 381 тыс. руб. Сумма 99 тыс. руб. – это стоимость мер по защите от заморозка с учетом непредотвращенных потерь.

Таблица 6

Матрица потерь для весенних заморозков.
 $C/L = 0,01$, $\varepsilon = 0,25$, $P = 98\%$ (тыс. руб./прогноз)

Наличие заморозка	Стратегия	
	Ориентироваться на наличие заморозка	Ориентироваться на отсутствие заморозка
Заморозок был	99	381
Заморозка не было	4	0

Обсуждение результатов

1. *Кардинальные меры защиты.* Ниже представлены номограммы потерь при использовании климатической и прогностической информации. Линии, отражающие зависимость нормированных потерь E от C/L , различаются для разных потребителей (C , L , ε) и при разной оправдываемости прогнозов (1–3).

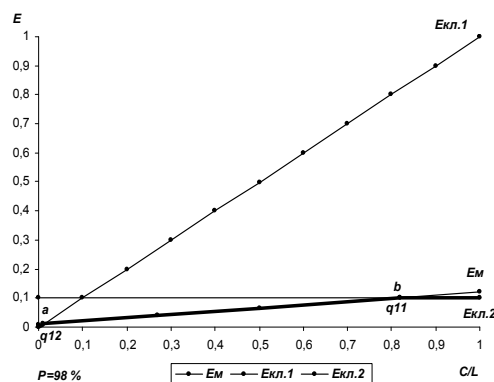


Рис. 2. Номограмма потерь при весенних заморозках в период начала вегетации растений для $P = 98\%$, $\varepsilon = 0$

На рис. 2–7 изображены 3 линии, соответствующие трем зависимостям нормированных потерь при трех стратегиях: ориентации на климатическую информацию ($E_{кл1}$ и $E_{кл2}$) и на прогностическую (E_m). Очевидно, для большей части потребителей E_m существенно меньше, если используются прогнозы заморозков. Точнее, это те потребители, для которых $q_{12} < C/L < q_{11}$. Здесь q_{11} – условная вероятность успешного прогноза наличия явления; q_{12} – условная вероятность ошибочного прогноза отсутствия явления. Условная вероятность – это вероятность осуществления условия погоды при известном тексте прогноза. При обозначениях, данных в табл. 3, $q_{12} = p_{12}/p_{02}$, $q_{11} = p_{11}/p_{01}$.

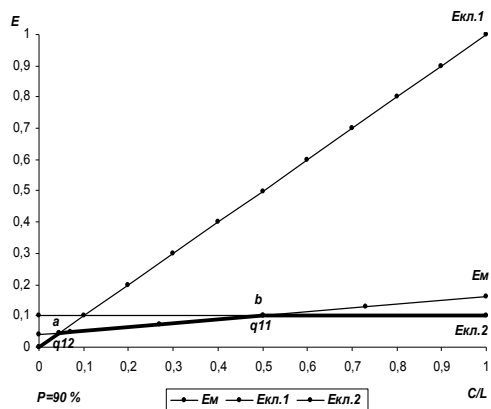


Рис. 3. Номограмма потерь при весенних заморозках в период начала вегетации растений для $P = 90\%$, $\varepsilon = 0$

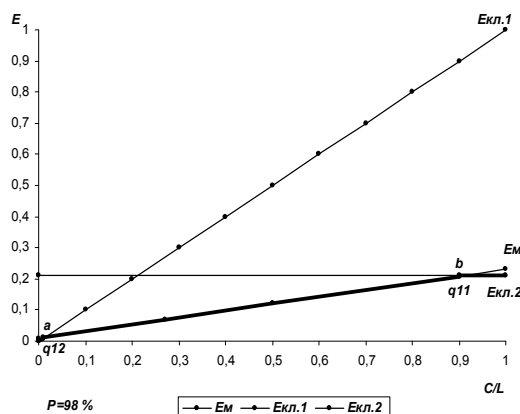


Рис. 4. Номограмма потерь при весенних заморозках в период активной вегетации растений для $P = 98\%$, $\varepsilon = 0$

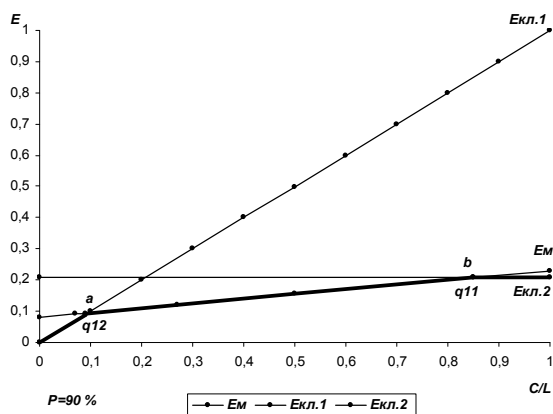


Рис. 5. Номограмма потерь при весенних заморозках в период активной вегетации растений для $P = 90\%$, $\varepsilon = 0$

Оптимальная стратегия определяется областью минимальных значений E , что показано на номограммах жирной ломаной линией для всего диапазона потребителей (C/L). Поэтому для минимизации потерь следует использовать следующую стратегию:

1. Если $C/L < q_{12}$, то потребителю следует придерживаться стратегии постоянной защиты $S_{кл.1}$.
2. Если $q_{12} < C/L < q_{11}$, то следует ориентироваться на оперативные прогнозы S_m .
3. Если $C/L > q_{11}$, то оптимальной будет стратегия пренебрежения мерами защиты от заморозков $S_{кл.2}$.
4. Максимальная выгода использования прогнозов находится в области, близкой к $C/L = p_{10}$.

При высокой оправдываемости прогнозов (в нашем примере – 98%) оптимальной является стратегия ориентации на прогнозы для 80–90% пользователей, для остальных 10–20% лучшей является ориентация на климатические данные. При уменьшении оправдываемости прогнозов на 8% ($P = 90\%$) количество пользователей, для которых выгоднее использовать прогностическую информацию, уменьшается примерно до 70%.

2. *Некардинальные меры защиты.* В хозяйственной практике меры защиты, как правило, не являются кардинальными или близкими к этому, потери предотвращаются частично [12. С. 14; 13–15].

Были выполнены расчеты для тех же показателей оправдываемости прогнозов заморозков, и при разных значениях ε : 0,25; 0,50; 0,75. Для иллюстрации на рис. 6–7 приведены номограммы потерь при весенних заморозках при частичных мерах защиты для $\varepsilon = 0,5$.

Получено, что с увеличением коэффициента непредотвращенных потерь ε существенно увеличиваются нормированные потери. Если оправдываемость прогнозов близка к 100%, оптимальной является стратегия доверия прогнозам практически для всех потребителей (80% и более) при любых значениях ε . Области использования первой и второй климатологической стратегии актуальны для небольшого количества пользователей (диапазона значений C/L). С уменьшением оправдываемости прогнозов понижается численность пользователей, ориентирующихся на прогнозы заморозков (до 40–50%).

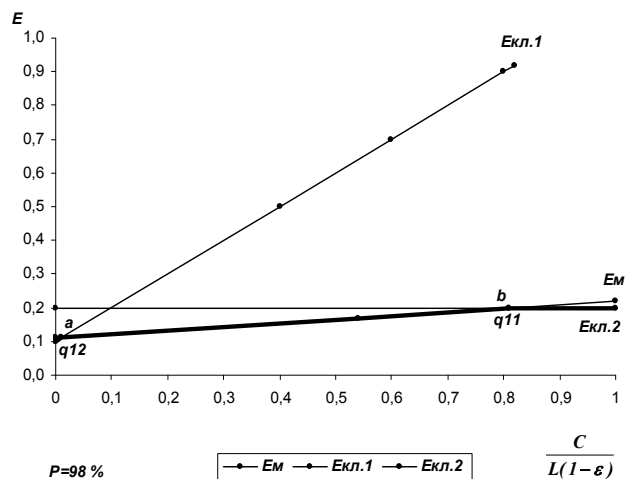


Рис. 6. Номограмма потерь при весенних заморозках в период начала вегетации растений для $P = 98\%$, $\varepsilon = 0,5$

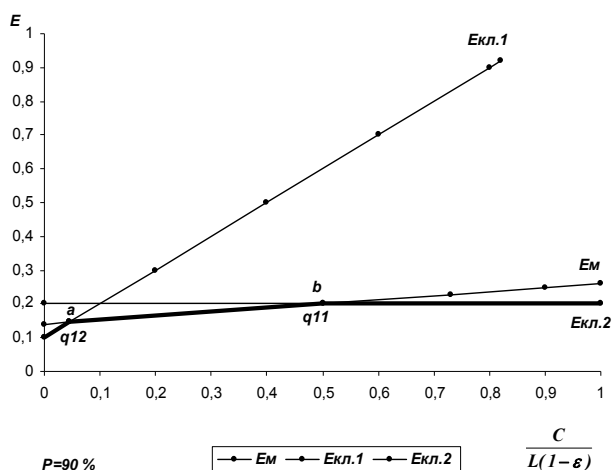


Рис. 7. Номограмма потерь при весенних заморозках в период начала вегетации растений для $P = 90\%$, $\varepsilon = 0,5$

В работе выполнены количественные оценки уменьшения нормированных потерь при использовании оптимальной стратегии по сравнению с ориентацией только на климатические данные ($E_{кл}/E_m$). Расчеты выполнялись для реальных значений оправдываемости прогнозов (высокой и средней) и реальных значений коэффициента непредотвращенных потерь. Учитывались потребители с разными значениями, от нуля до единицы.

Данные, представленные в табл. 7, характеризуют интегральные значения нормированных потерь для предприятий с отношением C/L от нуля до заданного значения.

Таблица 7
Соотношение между нормированными потерями при использовании оптимальной и климатологической стратегий

C/L	$P = 98\%; \varepsilon = 0$	$P = 90\%; \varepsilon = 0$	$P = 98\%; \varepsilon = 0,5$	$P = 90\%; \varepsilon = 0,5$
$\leq 0,1$	4,11	1,2	1,50	1,08
$\leq 0,2$	3,91	1,28	1,49	1,07
$\leq 0,4$	3,32	1,26	1,44	1,05
$\leq 0,6$	2,74	1,23	1,38	0,99
$\leq 0,8$	2,29	1,20	1,31	0,94
$\leq 1,0$	1,96	1,17	1,25	0,90

Первые три столбца таблицы указывают на преимущество в использовании оптимальной стратегии. Очевидно, что наилучшие результаты достигаются при ориентации на качественные прогнозы при малых значениях ε (потери могут быть уменьшены в 2–4 и более раз). При малой оправдываемости прогнозов и больших значениях коэффициента непредотвращенных потерь оптимальная стратегия не дает выигрыша, поэтому можно ориентироваться и на климатическую информацию (последний столбец таблицы).

Таким образом, в практике сельскохозяйственного производства в Томской области климатологиче-

ская стратегия обязательно должна получать уточнение за счет использования оперативных методических прогнозов, получаемых (совхозом и т.д.) из прогностических подразделений Росгидромета [16. С. 5].

Выводы

В результате выполнения работы показана большая роль оперативных прогнозов в уменьшении потерь от весенних заморозков в Томской области, а также сформулированы рекомендации относительно стратегии по обеспечению минимальных потерь.

1. Как показали расчеты, для минимизации средних потерь целесообразно использовать оперативные методические прогнозы. При этом чем выше оправдываемость прогнозов, тем для большего количества хозяйственников они применимы и эффективны.

2. При прочих равных условиях средние потери возрастают с увеличением соотношения C/L и величины коэффициента непредотвращенных потерь ε . Потери возрастают также с уменьшением оправдываемости прогнозов.

3. Потери от заморозков, наблюдающихся в период начала вегетации растений, меньше, чем потери от заморозков, наблюдающихся в период активной вегетации растений.

4. Для минимизации потерь от весенних заморозков сельскохозяйственное предприятие может применять одну из трех стратегий: стратегию постоянной защиты, стратегию пренебрежения защитой на основе использования климатической повторяемости, а также стратегию использования оперативных прогнозов заморозков. Выбор конкретной стратегии зависит от экономических характеристик предприятия: стоимости защитных мероприятий (C), потерь (L), коэффициента непредотвращенных потерь (ε), а также от климато-метеорологических характеристик: климатической повторяемости заморозков и оправдываемости прогнозов заморозков (P).

5. Минимальные средние потери за заморозкоопасный период достигаются при следующей стратегии: при малых C и больших L целесообразно применять постоянные меры защиты (теплицы); большинству хозяйственников – ориентироваться на оперативные прогнозы и предпринимать разовые мероприятия для защиты от заморозков.

Выполненные расчеты относятся к стратегии предприятий в отношении заморозков. Важно, что они могут быть с успехом применены для других отраслей производства с учетом их особенностей.

В рамках развития экономики, несомненно, важна роль метеорологических ресурсов. Поэтому необходимо дальнейшее развитие теоретических разработок и практических расчетов в области экономической агро-метеорологии.

ЛИТЕРАТУРА

- Бедрицкий А.И. О влиянии погоды и климата на устойчивость и развитие экономики // Метеорология и гидрология. 1997. № 10. С. 5–11.
- Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. СПб.: Гидрометеониздат, 2005. 492 с.
- Горбатенко В.П., Константинова Д.А. Результаты регистрации молний над юго-восточной территорией Западной Сибири // Известия вузов. Физика. 2011. Т. 54, № 11/3. С. 156–162.

4. Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Кусков А.И. Температурные риски и оценка вероятности их возникновения на территории Алтайского края и Республики Алтай // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 355. С. 148–153.
5. Справочник по климату СССР. Вып. 20: Новосибирская, Томская, Кемеровская области, Алтайский край. Ч. 2: Температура воздуха и почвы. Л. : ГМИ, 1966.
6. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. СПб. : ГМИ, 1996. 584 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6, вып. 20: Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. СПб. : ГМИ, 1993. 717 с.
8. Строительная климатология (Building climatology). С изменениями от 24 декабря 2002 г. СНиП 23-01-99. Дата введения – 2000-01-01. URL: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=229 (дата обращения: 3.02.2012).
9. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. СПб. : Гидрометеиздат, 2004. 325 с.
10. Агентство атмосферных технологий: услуги агентства – борьба с градобитием, борьба с заморозками, защита от снежных лавин, рассеивание туманов, увеличение осадков, метеозащита городов / АНО «Агентство атмосферных технологий». М., 2009. URL: <http://www.attech.ru> (дата обращения: 10.03.2011).
11. Кошинский С.Д., Трифонова Л.И., Швер Ц.А. Климат Томска. Л. : Гидрометеиздат, 1982. 176 с.
12. Хандожко Л.А., Кориунов А.А. Показатели влияния погодных условий на экономику: оценка коэффициента непредотвращенных потерь // Метеорология и гидрология. 2000. № 12. С. 14–23.
13. Хандожко Л.А., Кориунов А.А., Фокичева А.А. Выбор оптимального погодо-хозяйственного решения на основе прогноза опасных гидрометеорологических условий // Метеорология и гидрология. 2003. № 1. С. 5–17.
14. Агроклиматические ресурсы Томской области. Л. : Гидрометеиздат, 1975. 147 с.
15. АРТО. Агентство развития Томской области / Некоммерческая организация Фонд «Агентство развития Томской области». URL: <http://www.arto.ru> (дата обращения: 10.11.2008).
16. Бедрицкий А.И., Кориунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции // Метеорология и гидрология. 1999. № 3. С. 5–17.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 18 апреля 2012 г.