

Я.В. Дробжева, О.В. Волобуева

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ
И
ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ**

Учебное пособие

Санкт–Петербург
2016

УДК 551.509.59(075.8)

Рецензенты:

кандидат географических наук В.В. Оганесян
(ФГБУ "Гидрометцентр России")

кандидат географических наук А.А. Фокичева
(ФГБОУ ВО «РГГМУ»)

Дробжева Я.В., Волобуева О.В.

Метеорологические прогнозы и их экономическая полезность. [Текст]: учебное пособие / Дробжева, Волобуева. – СПб.: Адмирал, 2016. – 116 с.

Учебное пособие предназначено для бакалавров, магистров и аспирантов гидрометеорологических специальностей, занимающихся проблемами «Метеорологического обеспечения хозяйственной деятельности» и «Экономической метеорологии». В пособии представлены результаты статистических исследований по изменению числа возникновения опасных гидрометеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений, нанесших социальные и экономические потери. Также представлен метод оценки экономического эффекта и ее практическое применение в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и морском флоте (морской порт). Особое внимание уделено построению матриц потерь потребителя метеорологической продукции.

УДК 551.509.59(075.8)

ISBN 978-5-9908660-1-0

© Я.В. Дробжева, 2016

© О.В. Волобуева, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1 ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭКОНОМИКУ.....	8
1.1. Анализ опасных условий погоды на территории России	11
1.1.1. <i>Опасные природные явления.....</i>	12
1.1.2. <i>Трудности при использовании базы гидрометеорологических данных.....</i>	13
1.1.3. <i>Результаты статистического анализа опасных условий погоды на территории России.....</i>	15
1.1.4. <i>Уязвимость экономической и социальной сфер России от воздействия опасных явлений погоды.....</i>	20
1.2. Экономическая полезность гидрометеорологической информации.....	22
1.2.1. <i>Показатели экономической эффективности для отдельных видов транспорта.....</i>	22
1.2.2. <i>Показатели экономической эффективности в теплоэнергетике, электроэнергетике и на обрабатывающих производствах.....</i>	24
1.2.3. <i>Показатели экономической эффективности в сельскохозяйственном производстве и лесном хозяйстве.....</i>	25
1.3. Контрольные вопросы.....	26
Глава 2 МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛЕЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ	27
2.1. Алгоритм оценки экономической полезности использования метеорологических прогнозов.....	28
2.1.1. <i>Матрица сопряженности альтернативных прогнозов</i>	30
2.1.2. <i>Оценка успешности альтернативных прогнозов.....</i>	37
2.1.3. <i>Альтернативная матрица потерь потребителя.....</i>	43
2.1.4. <i>Критерий оптимальности – средние потери. Выбор оптимальной стратегии.....</i>	45
2.1.5. <i>Оценка экономического эффекта и экономической эффективности использования прогнозов.....</i>	50
2.2. Контрольные вопросы.....	54
Глава 3 ПРОГНОЗЫ ЗАМОРОЗКОВ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	55
3.1. Матрицы сопряженности и успешность прогнозов заморозков для сельского хозяйства.....	60
3.2. Разработка матрицы потерь для сельского хозяйства.....	64

3.3. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности прогнозов весенних заморозков.....	70
3.4. Контрольные вопросы.....	76
Глава 4 ПРОГНОЗЫ СКОРОСТИ ВЕТРА И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ МОРСКОГО ПОРТА.....	77
4.1. Успешность краткосрочных прогнозов скорости ветра... ..	78
4.2. Разработка матрицы потерь для морского порта.....	79
4.3. Средние потери потребителя при использовании краткосрочных прогнозов скорости ветра.....	83
4.4. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности для морского порта	85
4.5. Контрольные вопросы.....	86
Глава 5 ПРОГНОЗЫ ПОЖАРООПАСНОСТИ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	87
5.1. Матрицы сопряжённости методических прогнозов пожарной опасности.....	88
5.2. Разработка матрицы потерь для лесного хозяйства.....	91
5.3. Оценка коэффициент непредотвращённых потерь.....	95
5.4. Средние потери потребителя при использовании прогнозов пожарной опасности.....	95
5.5. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности для лесного хозяйства	97
5.6. Контрольные вопросы.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	99
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	114

ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие влияние опасных гидрометеорологических явлений погоды на развитие экономики достигло значительных масштабов и вносит заметную неустойчивость в функционирование отдельных региональных отраслей и экономической системы в целом, нарушая нормальное, динамичное развитие и угрожает безопасности жизнедеятельности общества. Однако на экономику воздействуют не только экстремальные условия погоды. Даже небольшие отклонения от ожидаемых условий погоды могут значительно повлиять на результаты деятельности отраслей экономики. Экономические последствия от роста повседневной изменчивости условий погоды значительно превышают и без того огромные суммы убытков, возникающих каждый год по причине стихийных бедствий [1, 2].

Наряду с климатической информацией метеорологические прогнозы находят все более широкий спектр потребителей. Исследования, например [3], подтверждают особую роль краткосрочных метеорологических прогнозов в успешном решении значительной части ежедневных производственных операций в ведущих отраслях экономики.

Чтобы метеорологическая информация могла стать составной ресурсной частью того или иного производства, необходимы знания основных характеристик этого производства, его специфики, что позволяет правильно оценивать необходимую потребителю метеорологическую информацию: ее объем, точность, критические границы, частоту передачи, форму представления и другие параметры.

Для успешной реализации на практике метеорологических сведений недостаточно лишь довести их до потребителя. Возникает необходимость двустороннего обмена информацией между потребителем и метеорологом для принятия оперативного решения о действиях, которые будут экономически

наиболее выгодны при ожидаемых условиях погоды или уже известных климатических параметрах.

В настоящее время имеются реальные возможности заблаговременно предупредить о наступлении опасных явлений погоды и предотвратить или уменьшить их пагубное влияние.

Научная основа оценки экономической эффективности метеорологической информации продолжает развиваться, базируясь, главным образом, на положениях теории вероятностей и математической статистики. Некоторые задачи решаются на основании математико-экономического моделирования, теории оценивания, сетевого планирования и ряда других разделов математики.

Современный потребитель заинтересован в качественной информации об ожидаемой погоде. Поступающая к потребителю метеорологическая информация должна быть грамотно использована, что позволит получить максимальный эффект: наибольшую выгоду или наименьшие потери.

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

Полезность прогнозов выступает как результат целенаправленной совместной научно-производственной деятельности как поставщика, так и потребителя метеорологических прогнозов. Эффективность прогнозов отражает возможность потребителя адаптироваться к ожидаемым условиям погоды.

Для решения задачи материализации прогнозов устанавливается математическая модель механизма погодозависимости. Данная модель включает в себя два основных блока, а именно, разработку матрицы сопряженности краткосрочных метеорологических прогнозов и оценку их качества, а также разработку матрицы потерь потребителя, отражающую экономические последствия в зависимости от действий потребителя на основании прогнозов и последующего осуществления

защитных мероприятий и погоды [4, 5]. В учебном пособии освещается проблема современного влияния опасных и неблагоприятных условий погоды на мировую экономику и, особенно на экономику России. Представлены результаты исследования успешности метеорологических прогнозов заморозков, скорости ветра и пожарной опасности для различных территорий России. Также представлены результаты использования математической модели, предложенной Л.А. Хандожко [4], для оценки экономической полезности реализации прогнозов в сельском хозяйстве для территории Республики Башкортостан, в лесном хозяйстве для территории Адыгеи, а также для морского порта г. Мурманска.

Глава 1

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭКОНОМИКУ

Постоянный процесс влияния погоды и климата на экономику содержит периоды опасных воздействий. В последние годы во всех странах мира, в том числе и в России, наблюдается рост частоты возникновения опасных явлений погоды и, как следствие, отмечается увеличение экономических и социальных потерь от воздействий гидрометеорологической среды. Так например, убытки от тайфуна «Хайян» на Филиппинах, наводнения в Канаде в июне 2013 года составили 2 млрд долл.; экономический ущерб от наводнения в Германии / Центральной Европе в июне 2013 года составил 18 млрд долл.; заморозки в Бразилии в июле 2013 года привели к гибели 65 млн тонн урожая тростника. Во время наводнения в Краснодарском крае в 2012 году пострадало 34 тыс. человек, а во время наводнения в Хабаровском крае 2013 года – 168,1 тыс. человек [2].

Потери мировой экономики в целом от воздействия гидрометеорологических явлений в начале XXI века составляют более 100 млрд долл. США в год.

Однако на экономику воздействуют не только экстремальные условия погоды. Даже небольшие отклонения от ожидаемых условий погоды могут значительно повлиять на результаты деятельности отраслей экономики.

В последние годы экономические убытки от роста повседневной изменчивости условий погоды значительно превышают и без того огромные суммы убытков, возникающих каждый год по причине стихийных бедствий. По оценкам AGCS (Allianz Global Corporate&Specialty) последствия регулярных погодных изменений для экономики Евросоюза могут составить до 406 млрд евро (346 млрд фунтов стерлингов / 561 млрд долларов США) в год. Для сравнения, за 2012 г. по все-

му миру произошло 905 стихийных бедствий, 93 % из которых были связаны с погодой; они привели к убыткам в размере 170 млрд долл. США [1].

На рис. 1.1 показаны годовые финансовые потери от погодных явлений во всем мире в период 1990 – 2010 гг. по оценкам Munich Re, крупнейшей в мире перестраховочной компании [6]. Диаграмма показывает тенденцию к росту финансовых потерь. В 2010 году финансовые потери составили 130 млрд долл., или почти 5 % мирового ВВП. Общий ущерб, нанесенный мировой экономике природными и техногенными катастрофами, в 2010 году составил 218 млрд долл., погибло примерно 304 тыс. человек по расчетам Swiss Re – швейцарской перестраховочной компании.

Согласно мировым статистическим данным количество опасных природных чрезвычайных ситуаций возрастает ежегодно в среднем на 4,0 %, а экономические потери от них – на 10,4%.

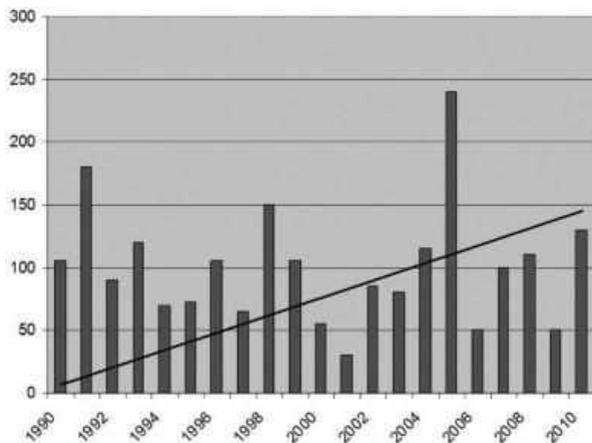


Рис.1.1. Финансовые потери от стихийных бедствий, произошедших в мире в 1990 – 2010 гг. (в млрд долл.).

Анализ показывает, что при своевременном предупреждении и принятии необходимых мер потери в экономике мож-

но уменьшить до 40 %, в ряде случаев предотвратить гибель людей [6].

В России в период с 1990 по 2010 год число опасных природных явлений возросло почти в 4 раза [7]. Так, в 2013 году было зафиксировано в общей сложности 963 природных опасных явления. При этом в 2012 году, ставшем аномальным по их количеству, было отмечено 987 явлений, из которых 476 нанесли ущерб в размере более 200 млрд рублей и привели к гибели более 190 человек. За последние годы в несколько раз увеличилось число крупномасштабных природных катастроф, в первую очередь – наводнений и лесных пожаров. По данным российских ученых за следующие 10 лет количество опасных природных явлений может удвоиться.

По различным оценкам ежегодный ущерб от воздействия опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных условий погоды на территории России составляет не менее 30 – 60 млрд. рублей в год (0,07% – 0,15% ВВП) [8].

По оценкам Всемирной метеорологической организации и ряда других организаций, в настоящее время отмечается устойчивая тенденция увеличения материальных потерь и уязвимости общества из-за растущего воздействия опасных природных явлений.

Одним из факторов, который может если не предотвратить, то, по крайней мере, снизить масштабы ущерба и количество жертв является заблаговременный и точный (заслуживающий доверия) прогноз, конечно, при условии что такой прогноз будет доведён в срок и до всех, кого может коснуться удар стихии.

Таким образом, надежное прогнозирование помогает снизить экономический ущерб от опасных явлений.

Расчеты показывают, что в 2013 году экономический эффект от использования гидрометеорологической информации в производственно-хозяйственной деятельности ее потребителей составил 28,2 млрд рублей. Экономическая эффектив-

ность гидрометеорологического обеспечения оценивается значением 1 : 5,2 (на 1 рубль затрат – эффект в 5,2 сэкономленных рубля). Основная доля подтвержденного экономического эффекта приходится на фактически сэкономленные потребителем материальные средства (более 50 %). За последние годы существенно возрастает доля экономического эффекта, получаемого за счет предотвращенных потерь. В настоящее время она достигает 25 % [6].

1.1. Анализ опасных условий погоды на территории России

Потребности в действенных мерах по уменьшению негативных последствий стихийных бедствий и, в частности, опасных гидрометеорологических явлений отчетливо указывают на необходимость системного исследования угрозы их возникновения и уязвимости каждого региона России от их последствий при разработке региональных программ, стратегий и планов развития. Это важно для предотвращения дальнейших потерь в экономическом и социальном развитии из-за стихийных бедствий различного масштаба.

На территории России, обладающей чрезвычайно большим разнообразием климатических условий, встречаются более 30 видов ОЯ, за которыми Росгидромет ведет регулярные наблюдения с целью их обнаружения и прогнозирования. К ним относятся те явления, интенсивность которых превышает критические значения, установленные для данного района или сезона. Эти явления фиксируются гидрометеорологическими станциями, как при самостоятельном их проявлении, так и в определенных обусловленных природой сочетаниях друг с другом.

1.1.1. Опасные природные явления

В «Положении о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений» определено какие явления относятся к опасным [9]. Приведём некоторую информацию из данного Положения.

Опасные гидрометеорологические явления

1. К опасным природным явлениям (гидрометеорологическим) (ОЯ) относятся отдельные гидрометеорологические явления или их сочетания, воздействие которых может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может наносить материальный ущерб.

2. Гидрометеорологические явления оцениваются как ОЯ при достижении ими определенных значений гидрометеорологических величин (критериев). Типовой перечень ОЯ, составленный с учетом рекомендаций Всемирной метеорологической организации (ВМО) [10], приведен в приложении А.

К ОЯ также относится сочетание (комплекс) гидрометеорологических явлений, каждое из которых в отдельности по интенсивности или силе не достигает критерия ОЯ, но близко к нему. Типовой перечень и критерии гидрометеорологических явлений, сочетания которых образуют ОЯ, приведен в приложении Б.

Опасные гелиогеофизические явления

1. К опасным природным явлениям (гелиогеофизическим) относятся гелиогеофизические явления, воздействие которых может создавать угрозу здоровью и жизни экипажам пилотируемых космических аппаратов (КА) и самолетов, осуществляющих полеты в стратосфере, повлечь нарушение функционирования систем управления (в т.ч. связи и навигации) морских, воздушных и космических объектов и протяженных

трубопроводов и линий электропередач (ЛЭП), а также высокий уровень ультрафиолетовой облученности окружающей среды, опасный для здоровья населения.

2. Гелиогеофизические явления оцениваются как ОЯ при достижении ими определенных значений (критериев), перечень которых приведен в приложении А.

Следует отметить, что критерии ОЯ могут сильно различаться в зависимости от особенностей региона и масштабов их последствий в каждом регионе [10].

1.1.2. Трудности при использовании базы гидрометеорологических данных

Авторами [11], чьи результаты статистического анализа опасных условий погоды на территории России будут представлены в данной главе, отмечают, что для проведения подобных исследований используются специализированные базы данных по конкретным видам опасных гидрометеорологических явлений определенной территории или специализированных климатических рядов, в зависимости от решаемой задачи. В исследованиях взаимосвязи экстремальных и опасных явлений используются чаще всего именно климатические ряды. При этом отмечается, что при использовании данных возникают некоторые трудности, а именно:

1. некоторые ОЯ в слабо освещенных в метеорологическом отношении районах пропускаются наблюдателями («проскакивают» между станциями);

2. в ряде случаев трудно определить одно и то же или два разных явления наблюдались на двух соседних станциях. В результате климатические характеристики по повторяемости ОЯ на станциях нельзя обобщить по району (территории);

3. критерии ОЯ многократно менялись, что приводит к неоднородности климатических рядов.

Два последних замечания, как показывает практика исследований, устранимы. Наиболее существенным является первое замечание.

Опасные явления, особенно метеорологические, пропускаются наблюдателями не только в слабо освещенных в метеорологическом отношении районах, но и при проявлении локальных (местных) метеорологических явлений, которые не фиксируются наблюдателями на метеорологических станциях. Особенно это проявляется при возникновении труднопрогнозируемых конвективных явлений. В этом случае для повышения оправдываемости прогнозов конвективных явлений необходимы детальные данные, которые можно получить с метеорологических радаров. Однако и они, как показывает практическая деятельность, например США, Канады и Польши, не гарантируют пропуск опасного конвективного явления синоптиком. «Проскакивание» между станциями опасных явлений – достаточно редкая ситуация. Детальный анализ имеющихся статистических данных по Европейской территории России за 2000–2004 годы показывает, что такая ситуация возникала два раза в мае 2003 года. Это можно увидеть из рисунка 1.2.

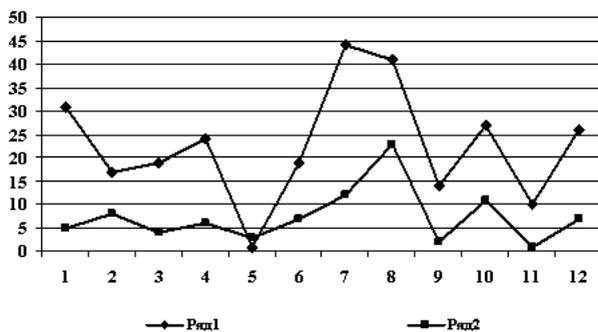


Рис. 1.2. Годовой ход числа ОЯ в 2003 году на ЕТР, зафиксированных на станциях в соответствии с критериями ОЯ (ряд 1) и ОЯ, приведших к экономическим потерям (ряд 2)

Гидрометеорологическими станциями Южного Федерального округа было зафиксировано одно опасное явление в соответствии с имеющимися критериями. В то же время три метеорологических явления привели к экономическим потерям. Так, например, 29 мая 2003 года в поселке Алексеевский Волгоградской области прошел град диаметром 50 мм. Данное локальное явление не было предусмотрено прогнозом. В результате был нанесен ущерб в размере 12,5 млн рублей.

Поскольку вблизи поселка метеорологическая станция отсутствует, то это явление было пропущено наблюдателем и не попало в массив данных Государственного фонда данных. Однако оно было зафиксировано Волгоградским ЦГМС, что позволило включить его в специализированную базу сведений.

Приведенный пример демонстрирует, что необходимо избирательное обобщение сведений с целью использования результатов их анализа при определении численных значений критериев, влияния условий погоды на экономику, а также эффективности основных направлений и критериев развития гидрометеорологического обеспечения потребителей.

1.1.3. Результаты статистического анализа опасных условий погоды на территории России

Распределение суммарного числа случаев опасных явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды (НГЯ) по годам

На основе массива данных, в который включены все ОЯ и НГЯ, приведшие к экономическим и социальным потерям за

1991 год–сентябрь 2008 года авторами было проанализировано распределение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ по годам за указанный период (рис. 1.3).

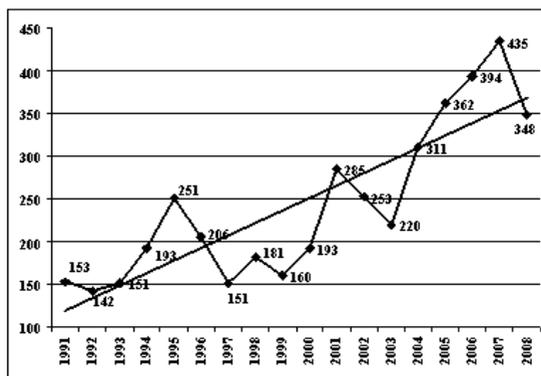


Рис. 1.3. Распределение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ, приведших к социальным и экономическим потерям, по годам за 1991–2008 гг.

Результаты статистического анализа

а) На территории России фактически каждый день в году отмечается опасное гидрометеорологическое явление.

б) Максимальное число опасных явлений и неблагоприятных условий погоды за рассматриваемый период, а именно 435, было зарегистрировано в 2007 году.

При этом наиболее часто опасные явления наблюдались в Северо-Кавказском регионе, Читинской обл., Алтайском крае, Кемеровской обл. и др.

в) Выявлена тенденция роста числа опасных гидрометеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений, нанесших социальные и экономические потери за 18 – летний период.

При этом статистика показывает, что ежегодный прирост, в среднем, составляет 14–15 случаев.

Распределение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ по периодам года

На рис.1.4 представлено изменение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ по периодам года. Рассматривались те явления, которые нанесли социальные и экономические потери.

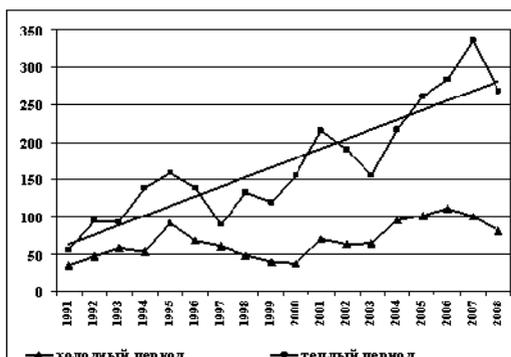


Рис. 1.4. Распределение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ (по периодам года) за 1991–2008 гг.

Результаты статистического анализа

а) Более 70% ОЯ и НГЯ приходится на теплый период (апрель–октябрь) года, когда активизируются конвективные явления. Именно в этот период отмечается основная тенденция роста числа случаев ОЯ и НГЯ.

б) Ежегодный прирост количества ОЯ и НГЯ в теплый период в среднем составляет 13 явлений в год.

Годовой ход среднемесячного числа ОЯ и НГЯ за 18–летний период

На рис. 1.5 показан годовой ход среднемесячного числа ОЯ и НГЯ за 18–летний период.

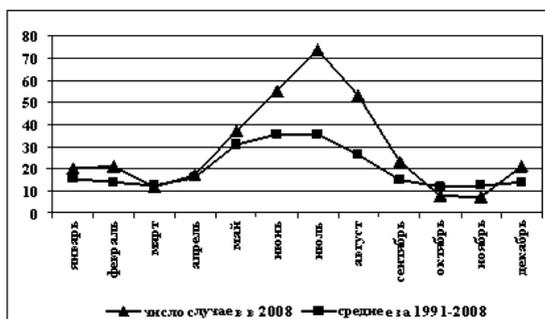


Рис. 1.5. Годовой ход среднемесячного числа ОЯ и НГЯ за 18-летний период

Результаты статистического анализа

а) Годовой ход среднемесячного числа опасных явлений и неблагоприятных условий погоды имеет явно выраженный синусоидальный характер. Минимумы приходятся на март и октябрь. Это, по мнению авторов [11], связано с началом перестройки атмосферных процессов от зимнего режима к летнему в марте и, наоборот, от летнего режима к зимнему в октябре.

Распределение суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ по видам

Распределение суммарного числа ОЯ и НГЯ по видам представлено на рис. 1.6. Анализ проводился для девяти групп:

- 1 – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури;
- 2 – сильная метель, сильный снег, налипание мокрого снега, гололёд, гололедица;
- 3 – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза;
- 4 – мороз, заморозки, сильная жара, резкое повышение/понижение температуры;

5 – весеннее половодье, дождевой паводок, наводнение, нагонные явления;

6 – лавина, сель;

7 – засуха атмосферная/почвенная, суховей;

8 – чрезвычайная пожарная опасность;

9 – сильный туман, тягун, сильное волнение и др.

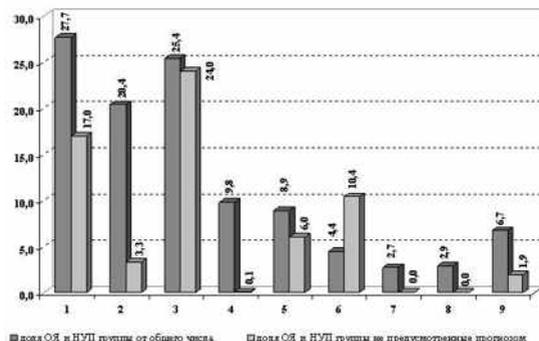


Рис. 1.6. Доля числа случаев ОЯ и НГЯ (по видам опасных явлений) за 1991–2008 гг.

Результаты статистического анализа

а) Из всех ОЯ и НГЯ 27,7% приходится на первую группу из пяти явлений – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури и 25,4% приходится на третью группу явлений – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза. При этом явления этих двух групп наиболее трудно прогнозируемы (оправдываемость прогнозов составляет 83% и 76%, соответственно).

Таким образом, анализ распределения суммарного числа случаев ОЯ и НГЯ показал, что за период с 1991 год по сентябрь 2008 года наблюдается тенденция роста числа этих случаев и 70% из них приходится на тёплый период (апрель–октябрь), когда активизируются конвективные явления. При этом ежегодный прирост случаев ОЯ и НГЯ, в среднем, со-

ставляет 14–15 случаев. Наибольшее число случаев из всех ОЯ и НГЯ приходится на первую группу из пяти явлений – сильный ветер, ураган, шквал, смерч, пыльные бури и на третью группу явлений – сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза, соответственно, 27,7% и 25,4%.

1.1.4. Уязвимость экономической и социальной сфер России от воздействия опасных условий погоды

Как показали проведённые исследования, за 18–летний период произошло увеличение числа случаев ОЯ и НГЯ, что свидетельствует об ужесточении влияния природной среды на все сферы жизнедеятельности общества и, следовательно, о повышении уровня уязвимости экономической и социальной сфер.

Уровень уязвимости выражается в масштабах экономических потерь от воздействия ОЯ и НГЯ и обусловлен, прежде всего, подверженностью и чувствительностью производственного или хозяйственного объекта (территории) в условиях нарастающей климатической неустойчивости и зависимости от условий погоды.

Показателями уязвимости являются изменчивость условий погоды и риск воздействия на население и экономику.

Так, например, проведенные исследования показывают, что особенно уязвима экономическая сфера, особенно такие отрасли как сельское хозяйство, транспорт, энергетика и жилищно-коммунальное хозяйство (рис. 1.7).

Ужесточение влияния природной среды на общество, которое распространяется на все сферы его жизнедеятельности (экономическую и социальную), сформировало глобальную проблему: как обеспечить гидрометеорологическую безопасность страны?

При этом гидрометеорологическая безопасность должна определяться как степень защищенности экономики, населе-

ния и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия ОЯ, НГЯ и экстремальных изменений климата и их последствий (определена Федеральным Законом РФ "О гидрометеорологической службе" № 113-ФЗ от 19 июля 1998 г. в редакции Федерального Закона РФ № 21-ФЗ от 2 февраля 2006 г.).

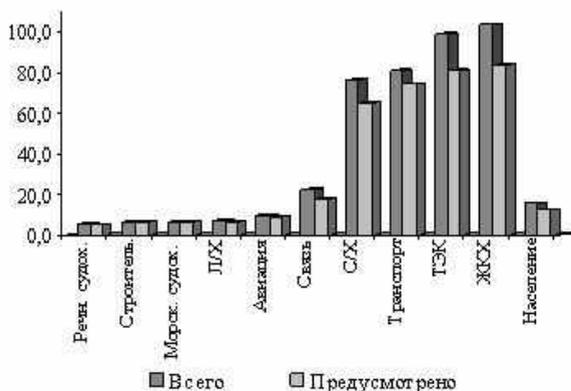


Рис. 1.7. Распределение числа случаев ОЯ и НГЯ в России за 1991–2008 гг., приведших к потерям в различных отраслях экономики и населению

В условиях ужесточения влияния природной среды на общество производственно-хозяйственные объекты (как потребители гидрометеорологической информации, особенно прогностической) вынуждены полностью принять доктрину оптимальной адаптации к ожидаемым условиям погоды. Именно оптимальная адаптация, а значит оптимальное (экономически эффективное) использование гидрометеорологической информации, позволяет максимально снизить возможные

воздействия гидрометеорологических условий, а значит, и экономические потери.

1.2. Экономическая полезность гидрометеорологической информации

Исследования социально-экономической эффективности гидрометеорологического обслуживания уже более 40 лет находятся среди наиболее актуальных проблемных вопросов деятельности национальных гидрометеорологических служб.

Показатели экономического эффекта специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО) в ведущих отраслях экономики таких как транспорт, теплоэнергетика, сельское и лесное хозяйство, обрабатывающие производства отражают основные показатели экономического эффекта СГМО в большинстве отраслей. Рассчитанный экономический эффект в перечисленных отраслях составляет приблизительно 82–86% всего экономического эффекта от специализированного гидрометеорологического обеспечения [12].

1.2.1. Показатели экономической эффективности для отдельных видов транспорта

Для анализа экономической эффективности специализированной гидрометеорологической информации в транспортном секторе экономики были проанализированы данные расчета организаций Росгидромета за 2006–2007 гг. Показатели экономической эффективности для отдельных видов транспорта представлены на рис. 1.8.

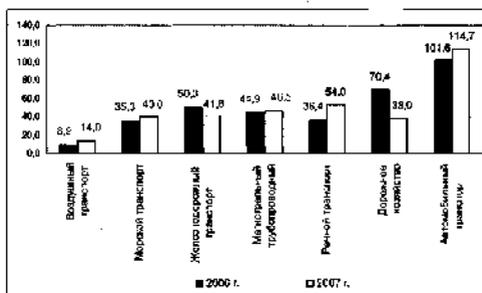


Рис. 1.8. Расчетные показатели экономической эффективности использования специализированной гидрометеорологической информации на транспорте за 2006–2007 гг.

Анализ результатов

а) Средний показатель экономической эффективности за 2006–2007 гг. от использования специализированной гидрометеорологической информации в транспортной группе предприятий и организаций составил 1:50, т.е. на 1 рубль затрат на разработку метеорологического прогноза – экономический эффект в 50 сэкономленных рублей.

б) Наименьшее значение экономической эффективности составило 1:14 (для 2007 года) на воздушном транспорте. Возможно, это объясняется основной направленностью СГМО для целей обеспечения безопасности воздушного движения, а также большими затратами гидрометслужбы на производство прогнозов и недостаточным учетом экономической полезности гидрометеорологической информации.

в) Наибольшее значение экономической эффективности составило 1:114,7 (для 2007 года) на автомобильном транспорте. Данный результат требует более углубленного анализа, прежде всего в части надежности используемых организациями Росгидромета методов определения экономического эффекта. С другой стороны достаточно высокие расчетные данные экономической эффективности для дорожного хозяйства

также косвенно подтверждают более существенную роль погодных факторов на автотранспорте.

г) Достаточно близкие значения показателей экономической эффективности на морском и речном транспорте. Данный результат можно объяснить близким характером влияния погодных условий на производственную деятельность в этих видах экономической деятельности.

1.2.2. Показатели экономической эффективности в теплоэнергетике, электроэнергетике и на обрабатывающих производствах

Показатели экономической эффективности от применения специализированной гидрометинформации в теплоэнергетическом секторе экономики и промышленности за 2006–2007 гг. представлены на рис.1.9 [12].

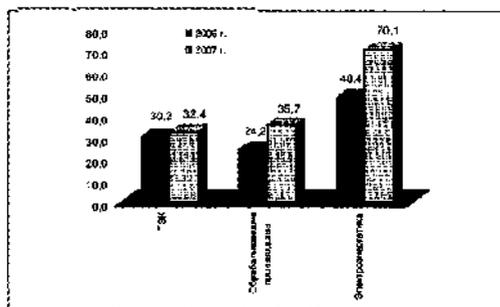


Рис. 1.9. Показатели экономической эффективности в теплоэнергетическом секторе экономики и промышленности за 2006–2007 гг.

Анализ результатов

Несмотря на большое разнообразие видов производственной деятельности этой группы предприятий и организаций, показатели экономической эффективности в результате применения специализированной гидрометинформации в целом различаются не столь существенно. Средний показатель эконо-

номической эффективности в этом секторе экономики составляет за 2006 год 1:34,3, за 2007 год – 1:46,1. Однако следует отметить показатель 1:70,1 за 2007 год для электроэнергетики, который чуть менее, чем в 2 раза больше аналогичного показателя за 2006 г.

1.2.3. Показатели экономической эффективности в сельскохозяйственном производстве и лесном хозяйстве

На рис. 1.10 представлены показатели экономической эффективности от применения гидрометеорологической информации в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве за 2006–2007 гг. [12].

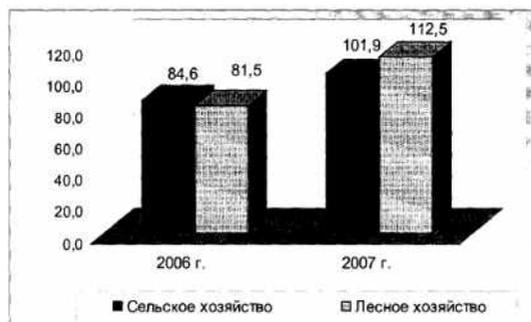


Рис.1.10. Показатели экономической эффективности использования специализированной гидрометинформации в сельскохозяйственной отрасли и лесном хозяйстве

Анализ результатов

Средний показатель экономической эффективности от применения гидрометеорологической информации за 2006–2007 гг. в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве близок и составил 1:93 и 1:97, соответственно.

Таким образом, наиболее высокий показатель экономической эффективности от применения специализированной гидрометеорологической информации в России оказался в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве. В целом средний показатель экономической эффективности в России составил 1:50 и оказался достаточно близким к аналогичным данным в Китае (1:35–1:40) [13].

1.3. Контрольные вопросы

Какие явления погоды относятся к опасным. Привести примеры.

В какой период года наблюдается наибольшее число случаев ОЯ и НГЯ на территории России.

Каким отраслям экономики был нанесён наибольший ущерб из-за ОЯ и НГЯ за период с 1991 по 2008 гг.

Чем определяется уровень уязвимости экономической и социальной сфер.

Глава 2

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛЕЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Использование метеорологической информации в хозяйственной практике предназначено для снижения потерь, возможных при опасных и неблагоприятных условиях погоды. Отсюда очевидна актуальность анализа **экономической полезности** оперативных метеорологических прогнозов, которая рассматривается посредством оценки **двух основных показателей: экономического эффекта и экономической эффективности** [14].

В комплексной системе «погода–прогноз–потребитель» полезность реализуется как выгода знаний о предстоящей погоде, материализуемая посредством выбора решений (действий), адекватных ожидаемой погоде. Эффективность прогнозов отражает возможность потребителя адаптироваться к ожидаемым условиям погоды.

Производственные решения, как и их результативность, во многом определяются спецификой работы потребителя метеорологических прогнозов, а значит, и выбором критерия оптимальности. Если речь идёт об ОЯ и НГЯ, то в качестве критерия используются средние потери.

Одним из наиболее часто используемых в нашей стране методов оценки экономической полезности метеорологических прогнозов является метод, разработанный Л.А. Хандожко [14].

Для реализации данного метода используется обобщённая **прогностическая и экономическая информация**, представленная в виде матриц (универсальной, обобщённой формы дискретного представления информации).

Таким образом, для решения задачи материализации прогнозов устанавливается математическая модель механизма

погодозависимости, которая состоит из двух основных блоков [5, 15].

Первый блок. Разработка матрицы сопряженности прогнозов, которая представляет собой обобщенный результат «прогноза П – факта Ф» за определенный период (месяц, сезон и т.п.), а также проведение оценки качества краткосрочных метеорологических прогнозов.

Второй блок. Разработка матрицы потерь потребителя, которая является дискретным представлением функции потерь. Функция потерь есть функция полезности для случаев ОЯ и НГЯ. Функция полезности отражает экономические последствия потребителя в зависимости от его действий на основании прогнозов и последующего осуществления защитных мероприятий и погоды.

2.1. Алгоритм оценки экономической полезности использования метеорологических прогнозов

Применительно к простой альтернативной схеме прогноза погоды алгоритм оценки экономической полезности состоит из четырёх этапов.

1 этап. Разрабатываются матрицы сопряженности методических $\|n_{ij}\|$ прогнозов, рассматриваемой метеорологической величины и явления погоды, а также матрицы сопряженности инерционного $\|n_{ij}^{ин}\|$ или случайного $\|n_{ij}^{сл}\|$ прогнозов. Каждому сочетанию (сопряжению) $P_j \sim \Phi_i$ («П» – прогноз; «Ф» – факт) устанавливаются повторяемости $\|n_{ij}\|$, на основании чего рассчитываются и строятся матрицы совместных $\|p_{ij}\|$ и условных $\|q_{ij}\|$ вероятностей.

Далее для оценки качества прогнозов рассчитываются критерии успешности.

Оперативный методический прогноз рассматривается как прогностическая информация более высокого порядка. Методические прогнозы требуют сравнения со стандартными (неметодическими).

Наиболее часто используются матрицы альтернативных прогнозов, как для оценки качества прогнозов, так и их экономической полезности. Потребителю удобно использовать альтернативные прогнозы с точки зрения принятия производственных решений – ориентироваться на благоприятную или неблагоприятную погоду.

2 этап. Устанавливается количественное описание зависимости потребителя от погодных и климатических условий. На основе данных о стоимости защитных мер, а также стоимости прямых потерь разрабатывается матрица потерь $\|s_{ij}\|$ потребителя

3 этап. Выбирается оптимальная стратегия $\|S_{opt}\|$, то есть та стратегия, при которой потребитель несет наименьшие потери. В качестве критерия ее выбора (критерий оптимальности) используется минимум средних потерь:

Минимальные средние потери \bar{R}_k , отвечающие той или иной стратегии (стратегии доверия методическим, инерционным или климатологическим прогнозам), есть потери, приходящиеся на один прогноз. Ранжировка \bar{R}_k по мере возрастания потерь для всех стратегий позволяет выбрать два значения \bar{R} : одно из них наименьшее, другое – следующее по возрастанию потерь.

4 этап. Рассчитывается экономический эффект и экономическая эффективность, получаемые потребителем от использования методических прогнозов.

2.1.1. Матрица сопряженности альтернативных прогнозов

Методические прогнозы

В синоптической практике все оперативные прогнозы, основанные на применении некоторых физически обоснованных методов (синоптического, гидродинамического, физико-статистического), являются методическими.

По формулировке степени утверждения достоверности ожидаемой погоды методические прогнозы разделяются на два вида: *категорические* и *вероятностные*.

Категорические прогнозы содержат утверждение о полной достоверности ожидаемой погоды. В таких прогнозах явления ожидаемой погоды указывается в виде числа или интервала чисел (градации), в виде качественной характеристики (слабый, умеренный) или альтернативы (наличие или отсутствие явления). Градация дается в виде интервала, ширина которого устанавливается заранее, а граничные условия изменяются. Такие прогнозы содержат категорическое утверждение, которое в действительности не имеет 100% – й обеспеченности. Категорические прогнозы не содержат указаний о вероятности ожидаемой метеорологической величины или явления погоды и в этом их существенный недостаток.

Вероятностные прогнозы содержат указания о вероятностях осуществления ожидаемых явлениях погоды или метеорологических величин.

Вероятностные прогнозы требуют разработки специальных методов прогнозирования. Простой прием такого метода сводится к следующему. На основании статистически обеспеченного ряда категорических прогнозов и данных фактиче-

ских наблюдений строится матрица сопряженности условий прогноз – факт и полученные частоты сопряжения выражаются в вероятностной форме. Такой вероятностный прогноз широко используется в решении многих метеоролого-экономических задач.

Стандартные прогнозы.

Стандартные прогнозы – это прогнозы, которые не требуют использования какой-либо методики или специальных научных разработок. Это неметодические прогнозы или критериальные.

К стандартным прогнозам относятся: инерционные, случайные и климатологические.

Инерционные прогнозы – это прогнозы, основанные только на исходном состоянии погоды. Прогнозируется то, что есть сейчас. Любое начальное значение метеорологической величины или комплекса величин или их тенденции рассматривается как прогностическое. Составляются эти прогнозы на основании правомерного допущения об инерционности атмосферы, то есть такие характеристики атмосферы, как температура и влажность воздуха, атмосферное давление и направление ветра, при определенных условиях могут сохранять свои исходные значения в течение некоторого времени.

С увеличением периода прогнозирования свойство инерционности атмосферы физически утрачивается, а, следовательно, уменьшается оправдываемость такого прогноза и она приближается к ошибке случайного. Циклонические процессы, особенно в холодный период года, содержат меньшую

инерционность метеорологических величин, чем антициклонические.

Случайные прогнозы – это такие прогнозы, при которых предсказанные значения метеорологических величин не зависят от распределения повторяемости осуществившихся значений. Такой прогноз статистически не связан с наблюдавшимся явлением. Случайные прогнозы – это прогнозы которые выбираются наудачу, «вслепую» из всей области распределения данной метеорологической величины. Опыт оперативной синоптической работы показывает, что при сложных синоптических условиях, даже методические прогнозы могут оказаться на уровне случайного (резкое возмущение в атмосфере). Случайные прогнозы, как таковые, не разрабатываются, они необходимы [14].

Климатологические прогнозы – это прогнозы, в которых в качестве прогнозируемой величины берется среднее многолетнее значение – норма. Можно рассчитывать не только средние значения, но их средние квадратичные отклонения или максимальные и минимальные значения. Эти прогнозы содержат одну и ту же формулировку на длительный период – месяц, сезон и содержится в справочниках.

Каждый из этих стандартных прогнозов обладает определенной объективной закономерностью и в этом смысле свободен от влияния синоптика. Это качество позволяет применять их для оценки успешности методических прогнозов. Оперативные методические прогнозы требуют сравнения со стандартными (неметодическими, тривиальными). В таблице 2.1 приведены условия выбора стандартных прогнозов [14].

Таблица 2.1

Выбор стандартного прогноза при оценке
экономического эффекта методического прогноза

Стандартный прогноз, на который может ориентироваться потребитель при отсутствии методического прогноза.	Оперативный методический прогноз, составляемый в прогностическом подразделении для данного потребителя.
Случайный прогноз	Прогнозы дискретных условий погоды с большой пространственно – временной изменчивостью: гроз, града и других явлений, связанных с конвекцией; туманов, гололедных явлений, пыльных бурь, метелей и др. Возможны уточнения: например, радиационный туман – явление дискретное, адвективный – охватывает обширную территорию и достаточно продолжительный, уже обладает свойствами инерции.
Инерционный прогноз	Прогнозы условий погоды, обладающих в определенной мере свойством инерционности: температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, облачности слоистых форм, обложных осадков. Можно допустить инерционность более дискретных условий погоды.
Климатологический прогноз (ориентация на климатические вероятности) нередко рассматривается как формальный прогноз, например, постоянная ориентация на отсутствие опасного явления	В прогностическом подразделении имеются сведения о вероятностях фаз (градаций) того или иного явления (p_{10} и p_{20}). Используется применительно ко всем явлениям и условиям погоды. Может рассматриваться отдельно или наряду со случайными и инерционными прогнозами.

Как отмечалось ранее, наиболее часто используются матрицы альтернативных прогнозов

Альтернативный прогноз содержит одну из двух взаимоисключающих градаций (состояний, фаз) погоды: ожидается (Π) или не ожидается ($\bar{\Pi}$). В синоптической практике *альтернативный прогноз* трактуется как «наличие» или «отсутствие» данного состояния погоды (например, ветер двух градаций, облачность двух градаций, другие явления погоды с фазами «наличие» или «отсутствие»). Оценка оправданности прогноза должна проводиться по достаточно большой совокупности N прогнозов погоды. Удовлетворительные оценки получаются при $N \geq 30$ и хорошие $N \geq 100$. Очевидно, что чем больше N , тем достовернее результаты.

В современной отечественной и зарубежной синоптической практике результаты метеорологических прогнозов обобщаются в виде матриц сопряженности.

Таблица 2.2

Матрица сопряженности альтернативных прогнозов $\|n_{ij}\|$

Фактически было, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	n_{11}	n_{12}	n_{10}
$\bar{\Phi}$	n_{21}	n_{22}	n_{20}
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	n_{01}	n_{02}	N

В таблице 2.2 сопряженность «прогноз–факт» выражена числом случаев n_{ij} .

Первая цифра при n – номер строки (i), вторая – номер столбца (j).

P_j – прогноз данной градации.

Φ_i – фактическая погода той же градации.

Итак, n_{ij} определяется по условию: что ожидалось по прогнозу (P_j) и что фактически наблюдалось (Φ_i) или n_{ij} – число случаев сопряженности $\Phi_i \sim P_j$.

Соответствующие сочетания «прогноза» и «факта» характеризуют следующее:

n_{11} – число случаев *оправдавшихся прогнозов наличия явления* – явление (или состояние погоды) прогнозировалось P и наблюдалось Φ .

n_{21} – число случаев *неоправдавшихся прогнозов наличия явления* – явление (или состояние погоды) прогнозировалось P , но не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

n_{12} – число случаев *неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления* — явление (или состояние погоды) не прогнозировалось \bar{P} , но фактически наблюдалось Φ .

n_{22} — число случаев *оправдавшихся прогнозов отсутствия явления* — явление (или состояние погоды) не прогнозировалось \bar{P} и фактически не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

Здесь n_{12} – ошибки первого рода (ошибки – пропуски); n_{21} — ошибки второго рода (ошибки – страховки).

n_{01} – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом P .

n_{02} – число случаев прогнозов отсутствия явления (или состояния погоды) – число прогнозов с текстом \bar{P} .

n_{10} – число случаев наличия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически наблюдалось Φ .

n_{20} – число случаев отсутствия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

N – общее число прогнозов.

Таблица 2.3

Матрица сопряженности в вероятностной форме
(совместных вероятностей) $\|p_{ij}\|$

Фактически было, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} p_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	p_{11}	p_{12}	p_{10}
$\bar{\Phi}$	p_{21}	p_{22}	p_{20}
$\sum_{i=1}^{n=2} p_i$	p_{01}	p_{02}	I

Таблица 2.4

Матрица сопряженности в вероятностной форме
(условных вероятностей) $\|q_{ij}\|$

Фактически было, Φ_i	Прогнозировалось, Π_j	
	Π	$\bar{\Pi}$
Φ	q_{11}	q_{12}
$\bar{\Phi}$	q_{21}	q_{22}
$\sum_{i=1}^{n=2} p_i$	I	I

Величины p_{i0} характеризуют природные климатические вероятности выбранных двух состояний (фаз) погоды, а p_{0j} –

вероятности текстов прогнозов этих фаз погоды. Как правило, они различаются между собой, что связано с реальным распределением ошибок – пропусков (n_{12}) и ошибок – страховок (n_{21}), т.е. со смещённостью прогнозов.

Матрицы сопряжённости инерционных прогнозов строятся на основе данных о фактической погоде.

Характерной особенностью матрицы сопряжённости инерционных прогнозов является то, что в них количество фактически наблюдавшихся фаз погоды (n_{10} и n_{20}) равно количеству текстов прогнозов (n_{01} и n_{02}). Так же благодаря свойству несмещённости в инерционной матрице $n_{12} = n_{21}$.

Элементы матрицы сопряжённости случайных прогнозов рассчитываются по формуле, в которой отражено отсутствие статистической связи случайного прогноза с фактом [14].

2.1.2. Оценка успешности альтернативных прогнозов

Успешность прогнозирования погоды есть степень соответствия значений метеорологических величин и явлений погоды, содержащихся в тексте прогноза тем, которые реально наблюдались. Устанавливается адекватность (сходство) прогнозируемых и фактических значений метеорологических величин или явлений погоды.

В качестве *мер успешности* прогнозов используются различные *критерии*.

Критерии успешности позволяют дать *количественную оценку* результативности как методических, так и стандартных прогнозов.

Особенность оценки методических прогнозов заключается в том, что эти оценки сопоставляются с аналогичными оценками для стандартных прогнозов.

Можно сказать, что стандартным прогнозам соответствует нулевая мера мастерства прогнозирования.

Критерии успешности

1. Общая оправдываемость прогнозов.

Под оправдываемостью прогнозов понимается их общая оправдываемость как отношение числа оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов.

Общая оправдываемость альтернативного прогноза в процентах определяется по формуле

$$p = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где n_{11} и n_{22} – число случаев оправдавшихся прогнозов соответственно при сочетании $\Pi \sim \Phi$ и $\bar{\Pi} \sim \bar{\Phi}$.

Недостатки критерия p .

а) Не позволяет установить преимущество методического прогноза перед формальным (климатологическим).

б) Критерий p не учитывает характера распределения ошибок – пропусков (n_{12}) и ошибок–страховок n_{21} . Замена их местами в матрице, очевидно, не вызывает изменения p . А на практике может оказаться, что для одного потребителя убыточнее будет вариант, когда $n_{12} > n_{21}$, а для другого, когда $n_{21} > n_{12}$.

в) Критерий p не учитывает географических различий, климатической природы прогнозируемого состояния погоды. Очевидно, если общая оправдываемость p прогнозов гроз в Архангельске и Астрахани 85%, то прогнозы гроз в Архангельске – предпочтительнее, так как там повторяемость гроз мала и прогнозы для Архангельска более надежны.

Формулы для расчета общей оправдываемости инерционных и случайных прогнозов аналогичные.

2. Критерий *надежности* прогнозов по Багрову (H).

$$H = \frac{p - p_{сл}}{p_{идеал} - p_{сл}}, \quad (2.2)$$

где $p_{идеал}=1$ или 100, если p и $p_{сл}$ вычисляются в процентах [16].

Значения H меняются в пределах от 0 до 1. Чем ближе параметр H к единице, тем лучше прогноз.

(В знаменателе мы видим насколько идеальный прогноз лучше случайного, а в числителе любой другой прогноз (неидеальный) сравнивается со случайным. Если бы в числителе p был идеальным, то $H=1$, а если соответствовал случайному, то $H=0$).

3. Критерий *точности* прогнозов по Обухову (Q).

$$Q = 1 - \left(\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right). \quad (2.3)$$

Выражение в скобках: n_{12}/n_{10} – частота ошибки первого рода при большом N есть вероятность ошибки первого рода; n_{21}/n_{20} – тоже самое, но для ошибки второго рода.

Очевидно, если из 1 вычитаем вероятности ошибок, то получаем вероятность успешных прогнозов.

Показатель Q выражает долю успешных прогнозов и меняется в пределах от 1 до -1. $Q = 1$ – прогнозы на уровне идеальных. $Q = 0$ – прогнозы на уровне случайных. $Q = -1$ – все прогнозы ошибочны.

4. Информационное отношение ν (ипсилон).

О любой системе, которая случайным образом может оказаться в том или ином состоянии говорят, что ей присуща какая-то степень неопределенности.

Степень неопределенности системы определяется **числом возможных состояний** системы и **вероятностями состояния**.

Все состояния погоды имеют природную неопределенность осуществления, то есть погода случайным образом может оказаться в том или ином состоянии.

Рассмотрим систему Φ , которая может принимать конечное множество состояний Φ_i . Мы говорим об альтернативных прогнозах, поэтому Φ_i – это 2 природных равновероятных события, например, дождь (Φ) и отсутствие дождя ($\bar{\Phi}$). За определенный промежуток времени представлена статистически представительная выборка N , позволяющая установить вероятности каждой из выбранных фаз дождя. Эти вероятности называются безусловными (или априорными)

$$p(\Phi_i) = p_{i0} = \frac{n_{i0}}{N}$$

В качестве меры априорной неопределенности системы применяется характеристика, называемая **энтропией**.

Энтропией системы называется сумма произведений вероятностей различных состояний системы на логарифмы этих вероятностей, взятая с обратным знаком

$$H(\Phi) = -\sum_{i=1}^n p(\Phi_i) \log p(\Phi_i). \quad (2.4).$$

Если за основание логарифма выбрано 10, то энтропия выражается в десятичных единицах (дитах) (если основание равно 2 – в двоичных единицах (битах)).

Знак минус перед суммой поставлен для того, чтобы энтропия была положительной (числа p меньше единицы и их логарифмы отрицательны)

Свойства энтропии:

1) обращается в нуль, когда одно из состояний достоверно, а другие – невозможны;

2) при заданном числе состояний она обращается в максимум, когда эти состояния равновероятны;

3) при увеличении числа состояний энтропия увеличивается, то есть увеличивается неопределенность системы;

4) обладает свойством *аддитивности*, то есть когда несколько независимых систем объединяются в одну, их энтропии складываются.

Полная условная энтропия $H(\Phi/\Pi)$

$$H(\Phi/\Pi) = \sum_{i=1}^m P(\Pi_j) H(\Phi/\Pi_j). \quad (2.5)$$

Информационное отношение ν (ипсилон)

$$\nu = \frac{H(\Phi) - H(\Phi/\Pi)}{H(\Phi)} = 1 - \frac{H(\Phi/\Pi)}{H(\Phi)}. \quad (2.6)$$

Величина ν показывает, какая часть неопределенности климатологических прогнозов (природной неопределенности осуществления явления) устраняется с помощью методических прогнозов [14].

5. Критерий Хайдке (S).

Этот критерий отражает *преимущество* методических прогнозов по сравнению со стандартными прогнозами.

$$S = \frac{(n_{11} + n_{22}) - E_{cm}}{N - E_{cm}}, \quad (2.7)$$

где $E_{ст}$ – число оправдавшихся прогнозов при использовании некоторого стандартного прогноза (инерционного, случайного или климатического):

– при использовании инерционного в качестве стандартного

$$E_{cm} = E_{ин} = n_{11}^{ин} + n_{22}^{ин};$$

– при использовании случайного в качестве стандартного

$$E_{cm} = E_{сл} = n_{11}^{сл} + n_{22}^{сл};$$

– при использовании климатологического в качестве стандартного

$$E_{cm} = E_{кл} = \frac{1}{k} N,$$

где k – число градаций. Здесь принимается равновероятность осуществления фаз погоды.

6. Меры Гудмэна и Крускала τ .

Предлагаемые меры позволяют оценить зависимость различных категорий в пропорции наблюдаемых итогов [17]

$$\tau = \frac{\sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{0j}] + \sum_i \sum_j [(Nn_{ij} - n_{i0}n_{0j})^2 / n_{i0}]}{2N^3 - N(\sum_i n_{i0}^2 + \sum_j n_{0j}^2)}. \quad (2.8)$$

Частные меры τ характеризуют успешность прогнозирования различных категорий Π , выраженную пропорционально частоте фактически наблюдавшихся фаз явления Φ .

Генеральная мера τ равна относительному уменьшению вероятности неправильного предсказания одной переменной при известной другой. Она называется еще симметризованным коэффициентом, отражающим предсказуемость в обе стороны: зависимость Φ_i от Π_j и Π_j от Φ_i .

7. Коэффициент сходства А.

$$S = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{\sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}}. \quad (2.9)$$

Величина А изменяется от -1 ($n_{11} = n_{22} = 0$ – все прогнозы ошибочны) до 1 ($n_{12} = n_{21} = 0$ – все прогнозы удачны). В случае $n_{11}n_{22} = n_{12}n_{21}$ коэффициент сходства $A=0$ – все прогнозы случайны.

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

2.1.3. Альтернативная матрица потерь потребителя

Наиболее широкое распространение находит функция потерь, а не функция доходов. Это связано с тем, что на производственную деятельность потребителя наибольшее влияние оказывают опасные и неблагоприятные условия погоды.

Рассмотрим функцию потерь, представленную в матричном виде.

1. Матрица потерь при кардинальных мерах защиты.

Потребитель принимает решение, действие, $d(\Pi_j) = d_j$.

Матрица потерь при кардинальных мерах
защиты

$$(s_{ij}) = \left(\begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & \bar{d}(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & s_{11} & s_{12} \\ \hline \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{array} \right) = \begin{pmatrix} C & L \\ C & 0 \end{pmatrix} \quad (2.10)$$

Содержание элементов матрицы метеорологических потерь:

$d(\Pi)$ – принимаются меры защиты согласно тексту прогноза Π ;

$\bar{d}(\bar{\Pi})$ – меры защиты не принимаются, работа ведётся согласно тексту прогноза $\bar{\Pi}$;

s_{11} и s_{22} – отвечают условию, что действия потребителя d_j соответствовали успешным прогнозам;

s_{12} и s_{21} – издержки из-за ошибочных действий потребителя в связи с ошибочными прогнозами.

По главной диагонали:

$s_{11} = C$ – **оправданные затраты потребителя** на защитные мероприятия в связи с текстом прогноза Π – явление (неблагоприятное условие погоды) ожидается и действительно наблюдалось.

$s_{22} = 0$ – нет затрат на защитные мероприятия, так как потребитель ориентировался на благоприятные условия $\bar{\Pi}$ и они наблюдались $\bar{\Phi}$.

По противоположной диагонали:

$s_{12} = L$ – прямые потери при ошибках пропусках или если потребитель не располагает прогнозом, или его не использует.

$s_{21} = C$ – напрасные затраты на принятые меры защиты, т.е. явление предсказывалось, но не наблюдалось.

Если принимается (это допускается), что защитные меры стоимостью $s_{11} = s_{12} = C$ полностью исключают прямые потери $s_{12} = L$ в ситуации $d(\Pi) \sim \Phi$, то такие меры защиты называются **кардинальными**. Т.е. в ситуации $d(\Pi) \sim \Phi$ удастся полностью предотвратить потери на величину $s_{12} = L$. Это будут предотвращенные потери $L_n = L$.

В реальности защитные меры носят частичный характер, т.е. прямые потери L предотвращаются частично. Это **частичные меры защиты или некардинальные**.

2. Матрица потерь при частичных мерах защиты.

$$(s_{ij}) = \left(\begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\overline{\Pi}) \\ \hline \overline{\Phi} & s_{11} + \varepsilon s_{12} & s_{12} \\ \hline \overline{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{array} \right) = \begin{pmatrix} C + \varepsilon L & L \\ C & 0 \end{pmatrix} \quad (2.11)$$

ε – коэффициент непредотвращенных потерь и меняется в пределах от 0 до 1.

$\varepsilon L = L_n$ – непредотвращенные (остаточные) потери – потери по метеорологическим причинам, которые не удастся предотвратить.

$L_n = L - L_n$ – предотвращенные потери.

2.1.4. Критерий оптимальности – средние потери.

Выбор оптимальной стратегии

В качестве целевой функции или критерия оптимальности при выборе оптимальной стратегии ($S_{\text{опт}}$) используются сред-

ние (байесовские) потери. Итак, на основе информации, представленной матрицей сопряженности n_{ij} и матрицей потерь s_{ij} потребитель принимает решение, которое должно быть наилучшим в вероятностном смысле.

Пусть известна матрица потерь $s=s(\Phi_i, d_j)$ и матрица сопряженности прогнозов, которая характеризует повторяемость $p_{ij}=n_{ij}/N= p(\Phi_i, \Pi_j)$ различных сочетаний прогноза Π_j и осуществления фаз погоды Φ_i .

Для дискретных условий средние байесовские потери при выбранной стратегии S составят

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(\Phi_i, d_j) p(\Phi_i, \Pi_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} p_{ij} \quad (2.12)$$

Критерий «средние потери \bar{R} » – байесовские средние потери – будет использоваться далее в рассматриваемой модели практической реализации прогнозов. Лучшая из (S) стратегий будет та, для которой величина \bar{R} меньше, иначе удовлетворяется условие

$$\bar{R}_{onm} = \min_{\langle S \rangle} \bar{R}, \quad (2.13)$$

где $\langle S \rangle$ – возможное множество стратегий.

Сказанное относится к широкому кругу альтернативных прогнозов и хозяйственных решений. Для большей иллюстрации альтернативной схемы в дальнейшем речь пойдет об опасных явлениях и условиях погоды и соответственно необходимости проведения или не проведения защитных мер.

Пусть потребитель при данном тексте прогноза Π_j имеющей вероятности осуществления q_{ij} принимает решение d_j , в целях выбора лучшего из них. При известной дискретности

решений (k) устанавливается комплексная матрица, отражающая систематические потери. Элементы ее есть величины средних систематических потерь

$$\bar{R}_{kj} = \sum_{i=1}^{n=m} s_{ik} q_{ij}, \quad (2.14)$$

где k – порядковый номер решения потребителя.

На основании (2.14) составляется матрица условных (систематических) потерь [18] \bar{R}_{kj} .

Матрица условных (систематических) потерь

$$\left\| \bar{R}_{kj} \right\| = \begin{array}{c|cc} & \Pi & \bar{\Pi} \\ \hline d & \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} \\ \hline \bar{d} & \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} \end{array} \quad (2.15)$$

Согласно данной матрицы, можно установить важное правило: если при текстах прогноза Π и $\bar{\Pi}$ элементы матрицы условных потерь ($\bar{R}_{i=j}$), соответственно, \bar{R}_{11} и R_{22} принимают минимальное значение, то, следовательно, решение d при тексте Π и решение \bar{d} при тексте $\bar{\Pi}$ – являются **оптимальными решениями**. [19]. И тогда средние потери при стратегии доверия прогнозам будут равны для методических прогнозов

$$\bar{R}_m = \sum_{j=1}^m p_{0j} \bar{R}_{i=j}(\Pi_j). \quad (2.16)$$

А через элементы матрицы сопряжённости методических прогнозов и матрицы потерь при кардинальных мерах защиты

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [s_{11}n_{11} + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12} + s_{22}n_{22}]. \quad (2.17)$$

Аналогично определяются средние байесовские потери для инерционных и случайных прогнозов, соответственно

$$\bar{R}_{ин} = \frac{1}{N} [s_{11}n_{11}^{ин} + s_{21}n_{21}^{ин} + s_{12}n_{12}^{ин} + s_{22}n_{22}^{ин}]. \quad (2.18)$$

$$\bar{R}_{сл} = \frac{1}{N} [s_{11}n_{11}^{сл} + s_{21}n_{21}^{сл} + s_{12}n_{12}^{сл} + s_{22}n_{22}^{сл}]. \quad (2.19)$$

И в общем виде формула для оценки средних байесовских потерь для методического, инерционного и случайного прогнозов

$$\bar{R}_m = \sum_{j=1}^{m=2} p_{0j} \min \bar{R}(\Pi_j), \quad (2.20)$$

где $\min \bar{R}(\Pi_j)$ – минимальные условные (систематические) потери согласно матрице.

Если минимальными являются элементы \bar{R}_{21} и \bar{R}_{22} , минимум средних потерь будет определяться выражением

$$\bar{R} = \frac{1}{N} (s_{12}n_{10} + s_{22}n_{20}) = \bar{R}_{кл,2} \quad (2.21)$$

Такие прогнозы не могут пользоваться доверием, а потери сводятся к средним потерям, отвечающим стратегии пренебрежения защитой ($S_{кл,2}$).

Если же минимум условных потерь приходится на \bar{R}_{11} и \bar{R}_{12} , то

$$\bar{R} = (s_{11}p_{10} + s_{21}p_{20}) = \bar{R}_{кт,1}, \quad (2.22)$$

что также исключает доверие к прогнозам и отвечает стратегии постоянной защиты ($S_{кт,1}$).

При известных методических и стандартных прогнозах выбирается стратегия, обеспечивающая минимум потерь, то есть оптимальная стратегия (S_{opt})

$$S_{opt}(\bar{R}) = \min_S \bar{R} \quad (2.23)$$

На практике использования прогнозов возможны иные ситуации. В частности, защитные меры могут быть не столь кардинальными, чтобы полностью исключить прямые потери при осуществившейся неблагоприятной погоде. Тогда непредотвращенные, остаточные потери будут равны εs_{12} . Если учесть, что в ситуации $\Pi \sim \Phi$, а соответственно и $d(\Pi) \sim \Phi$ потребитель не только несет издержки s_{11} , но и получает выгоду в виде $(s_{11} + \varepsilon s_{12}) - (s_{12} - \varepsilon s_{12}) = s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)$ при условии $s_{22} = 0$, то формула (2.16) приобретает иной вид

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12}] \quad (2.24)$$

В случае принятия кардинальных мер защиты, когда $\varepsilon = 0$, например, в сельском хозяйстве в случаях применения дожде-

вания, как меры защиты от заморозков, формула (2.16) принимает следующий вид

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}) + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12} + s_{22}n_{22}]. \quad (2.25)$$

Средние потери, отвечающие той или иной стратегии, есть потери в статистическом смысле, приходящиеся на один прогноз (на один случай, на одно действие потребителя).

Устанавливается ранжировка возрастания потерь \bar{R} , отвечающих выбранным стратегиям. Это позволяет выбрать стратегию, при которой $\bar{R}_{\text{опт}} = \min \bar{R}$. В качестве стандартного прогноза используется инерционный.

2.1.5. Оценка экономического эффекта и экономической эффективности использования прогнозов

Экономический эффект \mathcal{E} является такой мерой практического применения прогнозов метеорологических величин и явлений погоды, которая наиболее полно отражает их способность удовлетворять производственные запросы потребителей. Он показывает содержательность обратной информации – насколько прогнозы были действительно полезны.

Определение экономического эффекта разработанных и реализованных в практике прогнозов погоды является целевой задачей, выполняемой после оценки их успешности. Результативность работы прогнозиста применительно к отдельным отраслям экономики устанавливается посредством знания экономической полезности прогнозов для рассматриваемой отрасли [14].

Решение этой задачи, раскрывающей уровень экономической полезности метеорологического обеспечения, должно предусматривать [20]:

- дифференциацию прогнозов по отдельным видам (группам) производственных работ в данной отрасли;
- разработку возможных аппроксимаций зависимостей последствий поведения потребителей от условий погоды (разработку функций полезности: доходов или потерь);
- формирование сезонных или полугодовых обобщённых таблиц сопряжённости прогнозов явлений погоды и метеорологических величин с фактическими данными, наиболее полно отражающими успешность прогнозирования;
- выявление всех без исключения ошибок пропусков и ошибок страховок;
- разработку регионально – отраслевых схем оптимизации использования прогнозов и оценки их экономической полезности.

В системе погода – прогноз – потребитель все более настойчиво внедряется идея дифференцированной технологии использования прогнозов. Поскольку потребитель, в конечном счете, рассматривается как определенный вид производственных работ, то возможна и дальнейшая дифференциация специализированных прогнозов, направленная на более узкую производственную область с более достоверной обратной экономической информацией.

Экономический эффект, получаемый потребителем от использования методических прогнозов, определяется формулой

$$\mathcal{E} = \beta N [(\bar{R}_{cm} - \bar{R}_m) - z_{nm}], \quad (2.26)$$

где β – коэффициент долевого участия Росгидромета в получении экономического эффекта, величина колеблется в

пределах 0.2–1.0, преимущественно используется 0.3, в сельском хозяйстве рекомендуется 1.0.

N – общее число прогнозов.

\bar{R}_{cm} – минимальные средние потери при использовании стандартных прогнозов, это есть базовое прогностическое условие.

\bar{R}_m – минимальные средние потери при использовании методических прогнозов, это есть основное прогностическое условие.

Z_{nn} – предпроизводственные затраты в прогностических подразделениях на получение прогнозов, то есть Z_{nn} – стоимость единицы прогностической информации.

Разность $\Delta\bar{R} = [\bar{R}_{cm} - \bar{R}_m]$ в формуле (2.26) есть величина снижения потерь, то есть фактически сэкономленные материальные средства, рассчитанные на один прогноз, за счет использования методических прогнозов.

Экономическим эффектом Э называются сэкономленные материальные средства за вычетом затрат на их получение.

В целях сравнительной оценки полезности прогнозов, используемых различными потребителями, определяется **экономическая эффективность**.

Экономическая эффективность P

$$P = \frac{\mathcal{E}}{NZ_{nn}} = \beta \left(\frac{\bar{R}_{cm} - \bar{R}_m}{Z_{nn}} - 1 \right). \quad (2.27)$$

Эффективность P включает эффект, получаемый при использовании методических прогнозов, отнесенный к затратам на их разработку.

Стратегия ориентироваться на прогнозы тем эффективнее, чем больше эффект Э при меньших затратах NZ_{nn} на разработку прогнозов.

Экономическая эффективность является безразмерным показателем экономической полезности. Например, $P=2,5$. Это означает, что на один рубль затрат в Гидрометслужбе потребитель получает (за счет снижения потерь при методическом прогнозе) 2, 5 рубля. Очевидно, что экономическая результативность использования методических прогнозов достигается, если отношение стоимости результата к затратам $P>1$.

Экономическая эффективность как отношение эффекта к общим затратам поставщика и потребителя устанавливается по формуле

$$P_o = \frac{\text{Э}}{N(z_{nn} + p_{01}s_{01})}. \quad (2.28)$$

Оценка экономического эффекта оперативных метеорологических прогнозов дает достоверные результаты в случае, если выполняются следующие условия:

1. Допустимо оценивать единичные прогнозы, если прогнозируются особо опасные метеорологические явления при выполнении крупномасштабных мероприятий (например, ураганный ветер и обледенение судов во время морских экспедиций или уровень воды в устье рек ряда городов – Санкт-Петербурга, Архангельск и др.), так как осуществление любого прогноза носит вероятностный характер, то полученный экономический эффект единичного прогноза может оказаться случайным.

2. Для оценки надо выбирать достаточно продолжительный период времени (месяц, сезон), чтобы непрерывный ряд прогнозов был статистически обеспеченным.

3. На основании выдаваемого потребителю прогностического материала устанавливается начальный уровень отсчета полезности прогнозов – базовый вариант – это могут быть инерционные, случайные или климатологические прогнозы.

Базовый вариант в виде стандартного прогноза позволяет установить преимущество оперативных методических прогнозов и является условием их усовершенствования.

4. Учитывая экономические последствия воздействия погоды, а также то, что они есть результат ориентации на прогнозы, которые не идеальны, то в качестве основной характеристики экономического эффекта рассматривается уменьшение средних (статистических) потерь $\bar{R} = \bar{R}_{cm} - \bar{R}_m$.

5. Необходим учет производственных затрат $Z_{пп}$ на оперативные методические прогнозы.

2.2. Контрольные вопросы

Перечислите этапы расчёта экономической полезности метеорологических прогнозов.

Укажите, какие метеорологические прогнозы относятся к стандартным.

В чём особенность матрицы сопряжённости инреционных прогнозов.

Укажите основной недостаток критерия успешности «общая оправдываемость».

Укажите, какие меры защиты потребителя называются кардинальными, а какие частичными.

Что понимается под критерием оптимальности.

Дайте определение понятий экономический эффект и экономическая эффективность.

Что принимается за базовое прогностическое условие при оценке средних потерь потребителя.

Глава 3

ПРОГНОЗЫ ЗАМОРОЗКОВ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Сельскохозяйственное производство – ведущая отрасль любой национальной экономики. Отрасль, где эффективность затрат труда в значительной степени зависит от условий погоды и климата [21]. Наибольшее влияние погоды на развитие сельскохозяйственных культур проявляется в вегетационный период.

Опасные явления для сельского хозяйства

К опасным явлениям для сельского хозяйства относятся: засуха, суховей, пыльные бури, заморозок, градобитие, комплекс явлений зимнего периода (сильные морозы, гололед, вымокание и выпревание озимых и т. д.) [14,22].

Одним из наиболее опасных явлений для сельского хозяйства являются заморозки.

Заморозком называют понижение температуры воздуха или деятельной поверхности до 0 °С и ниже на фоне положительных среднесуточных температур в период вегетации растений.

Наиболее **опасны** поздние весенние и ранние осенние заморозки, когда их сроки совпадают с вегетационным периодом сельскохозяйственных культур. В зависимости от времени наступления и интенсивности они могут частично или существенно повредить сельскохозяйственные культуры, уменьшить или полностью уничтожить урожай. Поэтому информацию об интенсивности заморозков, о сроках прекращения их весной и возникновения осенью широко используют для оценки заморозкоопасности территорий при размещении

теплолюбивых культур, а также при выборе способов защиты от этого стихийного явления.

По интенсивности заморозки делят на слабые, средние и сильные. Слабыми принято считать заморозки, при которых температура деятельной поверхности не опускается ниже -2°C (при этом в воздухе часто температура выше 0°C). При средних заморозках температура снижается до $-3... -4^{\circ}\text{C}$ и заморозок охватывает нижние слои воздуха; сильные заморозки -5°C и ниже.

По длительности действия заморозки делят на продолжительные (более 12 ч), средней продолжительности (5ч) и кратковременные (до 5 ч).

Различают адвективные, радиационные и адвективно-радиационные (смешанные) заморозки.

Адвективные заморозки возникают вследствие вторжения холодной массы воздуха температурой ниже 0°C и наблюдаются в течение нескольких суток. При этом типе заморозков отрицательные температуры наблюдаются не только в приземном слое воздуха, но и во всей массе притекающего воздуха вплоть до больших высот. Они охватывают большие территории и сопровождаются облачной и ветреной погодой. При таких заморозках амплитуда суточного хода температуры воздуха невелика, прогревание холодной массы воздуха часто продолжается 3...4 сут, и к концу этого периода температура постепенно повышается.

Адвективные заморозки возникают обычно ранней весной и поздней осенью, когда большинство сельскохозяйственных культур еще или уже не вегетируют, и поэтому эти заморозки наименее опасны.

Радиационные заморозки образуются в ясные тихие ночи в результате интенсивного ночного излучения подстилающей поверхности. Такая погода обычно наблюдается во внутренних частях областей высокого атмосферного давления – антициклонах. Их можно наблюдать в течение нескольких ночей подряд. При этом в приземном слое воздуха образуется инверсия температуры. Разность температур в метеорологической будке на высоте 2 м и на поверхности почвы или сомкнутого травостоя составляет в среднем 2,5...3 °С, а в континентальных районах Сибири – 4... 4,5 °С.

Адвективно-радиационные (смешанные) заморозки образуются при вторжении относительно холодной воздушной массы и последующего ее выхолаживания за счет ночного излучения. Этот тип заморозков наблюдается в конце весны и в начале лета, а также ранней осенью и является наиболее опасным для сельскохозяйственных культур. Интенсивность адвективно-радиационных заморозков обычно невелика (–2°С... –3 °С). Эти заморозки возможны обычно в ночные часы, главным образом перед восходом Солнца, их продолжительность чаще всего 3...4 ч в течение нескольких ночей.

Меры защиты от заморозков

Дымление. Повышение температуры подстилающей поверхности и приземного слоя воздуха под дымовой завесой обусловлено комплексом факторов: обогревом воздуха при горении дымообразующих веществ, конденсацией водяного пара в воздухе с выделением тепла, уменьшением эффективного излучения. В то же время дымовая завеса в утренние часы, закрывая растения от прямых солнечных лучей, способствует более медленному и равномерному оттаиванию тканей растений, если они подмерзли, и уменьшению степени повреждения. Дымовая завеса образуется вследствие температур-

ной инверсии в приземном слое атмосферы. При безветрии в ясную ночь нижний слой воздуха сильно выхолаживается и разность температур у поверхности почвы и на высоте 8м может достигать 8...11 °С. Дым, охлаждаясь в нижнем слое воздуха, быстро теряет подъемную силу, и внутри слоя инверсии начинает растекаться в горизонтальном направлении. Одним из способов дымления является окуривание растений при помощи дымовых куч, сжигая которые, защищают от заморозков огородные культуры, плодовые растения во время их цветения, виноградники и т. д. В производственных условиях в большинстве случаев удается повысить температуру под пеленой дыма примерно на 1...2 °С.

Комбинированное использование открытого обогрева с ветровыми машинами, способствующими более равномерному распределению тепла, излучаемого грелками.

Недостаток этого метода – загрязнение атмосферного воздуха. Кроме того, продукты неполного сгорания оседают на растениях и ухудшают их фотосинтетическую деятельность.

Укрытие растений производят светопрозрачными материалами (пленка, стеклянные колпаки), тканые и нетканые материалы, специальные пены. По своим теплозащитным свойствам жидкая пена аналогична свежевывавшему снегу. В отдельных случаях низкорослые растения просто присыпают землей или торфом.

Продувание посевов и насаждений с помощью снятых с самолетов двигателей, отработавших свой полетный ресурс, или с помощью вертолета, зависающего на небольшой высоте над плодовым садом, способствует перемешиванию более холодного приземного воздуха с верхним, более теплым, что

разрушает температурную инверсию. Проведенные эксперименты показали эффективность этого способа.

Орошение при заморозках повышает температуру точки росы, способствует увеличению теплопроводности почвы и притоку тепла из более глубоких слоев к поверхности, что может повысить температуру в холодные ночи на 2 °С.

Дождевание с помощью установок различных конструкций наиболее эффективный способ защиты растений от заморозков. Различают два типа дождевания: предзаморозковое (за несколько часов до заморозка) и противозаморозковое (непосредственно в период отрицательных температур).

Предзаморозковое дождевание защищает в основном низкорослые культуры при заморозках до –2 °С и ветре 1,5...2 м/с, а при штиле – до –4 °С. Эффективность этого способа основана, так же как и при орошении, на увеличении теплопроводности почвы и повышении температуры точки росы.

Противозаморозковое дождевание дает возможность защищать растение даже от сильных заморозков (до –8 °С). Действие его основано на том, что при дождевании в период отрицательных температур сравнительно теплая вода, охлаждаясь, выделяет много тепла. Еще больше тепла выделяется при превращении воды в лед. И, кроме того, ледяная корочка, образующаяся на растении, уменьшает его радиационное охлаждение – излучающей поверхностью будет ледяной «панцирь».

Рассмотрим, как учитываются характеристики успешности краткосрочных прогнозов заморозков и их экономической полезности в сельском хозяйстве.

В соответствии с методом Л.А. Хандожко, описанным в главе 2, проведём оценку экономического эффекта и экономической эффективности использования краткосрочных прогнозов заморозков на примере сельхозпредприятия, выращивающего капусту и гречиху, расположенного на территории Республики Башкортостан [20, 24].

3.1. Матрицы сопряжённости и успешность прогнозов заморозков для сельского хозяйства

Оценка успешности краткосрочных прогнозов весенних заморозков проводилась по данным метеостанции Уфа-Дема (Республика Башкортостан) за период 1999–2003 гг. Экономическая полезность использования прогнозов весенних заморозков оценивалась для сельхозпредприятия Дмитриевский за период 1999–2003 гг., сельхозкультура – капуста.

Все оперативные прогнозы заморозка (наличия и отсутствия) за выбранный период обобщаются в виде таблицы сопряжённости.

Процедура построения такой таблицы сводится к сопоставлению двух величин – того, что давалось по прогнозу (заморозки ($t \leq 0$) или их отсутствие ($t > 0$)) и того, что фактически наблюдалось.

Сначала строится таблица сопряженности методических прогнозов, затем инерционных.

Матрицы сопряженности методических и инерционных прогнозов заморозков представлены ниже, где Π , Φ – это температура воздуха ниже или равна $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t \leq 0$) и $\bar{\Pi}$, $\bar{\Phi}$ – это температура воздуха выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t > 0$)

Матрицы сопряженности (n_{ij}) оперативных методических и инерционных прогнозов весенних заморозков по данным метеостанции Уфа-Дема за период 1999 – 2003гг.

Методические прогнозы

Инерционные прогнозы

1999 г.

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	8	2	10
$\bar{\Phi}$	6	50	56
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	14	52	66

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	4	6	10
$\bar{\Phi}$	6	50	56
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	10	56	66

2000 г.

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	10	2	12
$\bar{\Phi}$	5	20	25
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	15	22	37

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	7	5	12
$\bar{\Phi}$	5	20	25
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	12	25	37

2001 г.

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	6	1	7
$\bar{\Phi}$	1	26	27
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	7	27	34

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	4	3	7
$\bar{\Phi}$	3	24	27
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	7	27	34

2002 г.

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	15	1	16
$\bar{\Phi}$	5	28	33
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	20	29	49

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	9	7	16
$\bar{\Phi}$	7	26	33
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	16	33	49

2003 г.

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	12	4	16
$\bar{\Phi}$	3	7	10
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	15	11	26

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	11	5	16
$\bar{\Phi}$	5	5	10
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	16	10	26

Для данных методических и инерционных прогнозов весенних заморозков рассчитывались следующие критерии успешности: общая оправдываемость (P), критерий надёжности прогнозов (H), критерий точности прогнозов (Q), критерий Хайдке (S), информационное отношение v и меры Гудмэна и Крускала τ (табл. 3.1).

Изменение величины критериев H , v и τ , рассчитанных для методических и инерционных прогнозов весенних заморозков в зависимости от года представлено на рис. 3.1.

Таблица 3.1

Критерии успешности прогнозов
весенних заморозков за период с 1999 по 2003 гг.
по данным метеостанции Уфа- Дема

Год	H		Q		v		S		τ		P	
	Мет.	Ин.	Мет.	Ин.	Мет.	Ин.	Мет.	Ин.	Мет.	Ин.	Мет.	Ин.
1999	0.59	0.29	0.69	0.29	0.36	0.08	0.59	0.29	0.37	0.09	87.90	81.80
2000	0.59	0.38	0.63	0.38	0.54	0.11	0.59	0.38	0.49	0.15	81.10	73.00
2001	0.82	0.46	0.82	0.46	0.70	0.18	0.82	0.46	0.67	0.21	94.10	83.40
2002	0.74	0.35	0.79	0.35	0.72	0.28	0.74	0.35	0.56	0.12	87.80	71.40
2003	0.44	0.19	0.45	0.19	0.43	0.36	0.44	0.19	0.20	0.03	73.10	61.50

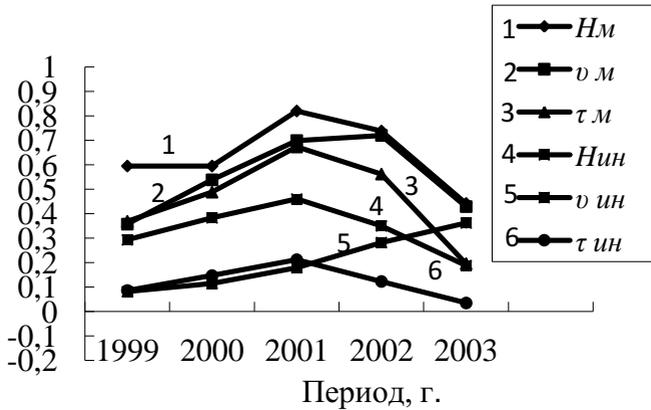


Рис.3.1. Критерии успешности H , v и τ прогнозов
весенних заморозков за период 1999–2003 гг.
для методических и инерционных прогнозов

Анализ результатов

а) Максимальные значения всех трёх критериев успешности H , v и τ для методических прогнозов и критериев $H_{ин}$ и $\tau_{ин}$ для инерционных прогнозов отмечаются в 2001 году. А критерий $v_{ин}$ достигает максимальной величины в 2003 году.

б) Исследование согласованности различных критериев мер и коэффициентов связи А. Хантером [25] показало, что наиболее полное различие качества методических и инерционных прогнозов выявляет такой критерий, как меры Гудмэна и Крускала (τ). В данном случае критерий τ указывает на существенное преимущество качества методических прогнозов по сравнению с инерционными. Например, в максимуме (2001г.) величина критерия для методических прогнозов в 4 раза превышает величину для инерционных.

в) Значения критерия точности Обухова (Q), критерия надёжности прогнозов (H) и критерия «информационное отношение v » как для методических, так и для инерционных прогнозов указывают на очевидное преимущество методических прогнозов над инерционными.

г) Критерий «общая оправдываемость» (p) менее показателен: значения данного критерия как для методических, так и для инерционных прогнозов близки. Такая близость значений объясняется тем, что критерий «общая оправдываемость» не учитывает «ошибок–пропусков» и «ошибок–страховок».

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, методические прогнозы весенних заморозков по данным станции Уфа-Дема (Республика Башкортостан) оказались достаточно успешными.

3.2. Разработка матрицы потерь для сельского хозяйства

Разработке матриц потерь предшествовала работа с потребителем (руководством сельхозпредприятия) в целях получения и обобщения ряда агротехнических и экономических

показателей. Были получены сведения о выращиваемых культурах, их подверженности различным явлениям и условиям погоды и, в особенности, заморозкам.

Матрицы потерь разрабатывались для сельхозпредприятия Дмитриевский при использовании краткосрочного прогноза весенних заморозков за период 1999–2003 гг., сельхозкультуры – капуста и гречиха.

В общем виде матрица потерь имеет вид

$$\begin{vmatrix} & d(\Pi) & \bar{d}(\bar{\Pi}) \\ \Phi & s_{11} & s_{12} \\ \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C & L \\ C & 0 \end{vmatrix}$$

Содержание матрицы потерь.

1. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \Phi$) – синоптиком прогнозировался заморозок Π ($t \leq 0$) и меры защиты применялись. Заморозок наблюдался Φ ($t \leq 0$).

$s_{11} = C$ – оправданные затраты на меры защиты. В качестве мер защиты используются обогрев (дымление), дождевание и другие.

Допускается, что потребитель принимает кардинальные меры защиты, т.е. $\varepsilon=0$.

2. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \bar{\Phi}$) (синоптиком прогнозировался заморозок Π ($t \leq 0$) и меры защиты применялись. Заморозок не наблюдался $\bar{\Phi}$ ($t > 0$).

$s_{21} = C$ – неоправданные затраты на меры защиты, так как заморозок не наблюдался.

3. Рассмотрим ситуацию ($\bar{d}(\bar{\Pi}) \sim \Phi$) (синоптиком заморозок не прогнозировался $\bar{\Pi}$ ($t > 0$) и меры защиты не применялись. Заморозок наблюдался Φ ($t \leq 0$).

Определение s_{12}

$s_{12} = L$ – прямые потери потребителя в случае осуществления заморозка.

Рассмотрим, из чего же складываются прямые потери потребителя в случае ошибочных прогнозов – пропусков явления (n_{12} в матрице сопряжённости прогнозов).

а) Первоначальные затраты потребителя H связаны с выращиванием рассады, стоимость которой C_1 , и полевыми работами по её посадке стоимостью C_2 . Пусть $H = C_1 + C_2$. В случае непредусмотренного заморозка потери на всей средней площади посадки \bar{S} будут пропорциональны средней степени повреждения рассады \bar{k} и составляет

$$s'_{12} = H \bar{k} \bar{S}. \tag{3.1}$$

В формуле (3.1) берётся \bar{S} , так как прогнозы выдаются от начала посадки, когда $S = 0$, до конца посадки, когда $S = S_{\text{макс}}$. Таким образом, при непредусмотренном прогнозе заморозка первоначально выполненные затраты на определённой части площади ($\bar{k} \bar{S}$) теряются.

б) Естественно, потери (s'_{12}) потребуют затрат на восстановление погибшей рассады. Пересадка части рассады в каждом единичном случае в стоимостном выражении составит

$$s_{12}^* = H \bar{k} \bar{S}. \tag{3.2}$$

Величина s_{12}^* в качестве компенсационных затрат должна быть равной s'_{12} . Различие заключается в том, что s'_{12} есть потери части единоразовых затрат на площади \bar{S} , а s_{12}^* – затраты на компенсацию этих потерь в целях восстановления погибшей рассады. Потери s'_{12} и их компенсация в виде s_{12}^* могут повторяться столько раз, сколько было непредусмотренных заморозков (n_{12}).

Таким образом, любой случай пропуска заморозка сопровождается потерями, которые равны затратам на посадку и затратам на восстановление погибшей части овощной культуры, т.е.

$$s_{12} = 2H\bar{k}\bar{S}. \quad (3.3)$$

Величина s_{12} и заносится в матрицу потерь.

в) Пропуски заморозков (n_{12}) вынуждают вести полевые "доработки", которые нарушают агротехнические сроки, что в конечном итоге сказывается на продуктивности части сельскохозяйственной культуры, а значит на урожайности в целом. Недобор урожая (S_y) колеблется в широких пределах. В соответствии с [14], средняя величина недобора урожая принята в объеме 5%.

В итоге, общие потери потребителя, вызванные ошибками–пропусками (n_{12}), есть величина

$$s(n_{12}) = 2H\bar{k}\bar{S} + S_y = s_{12} + S_y. \quad (3.4)$$

Естественно полагать, что недобор урожая (S_y) есть некоторая средняя величина, отвечающая как последствиям ошибочных оперативных прогнозов (n_{12}), так и частоте самих заморозков. Чем больше случаев пропуска заморозка (n_{12}), тем больше бу-

дуг итоговые потери продукта относительно среднего значения, принятого по данному району в объёме 5%. Отсюда потери (S_y) должны быть пропорциональны условной вероятности ошибочного прогноза отсутствия заморозка (n_{12}) после осуществления всех заморозков (n_{10}) за данный период, т. е.

$$\text{величине } q = \frac{n_{12}}{n_{10}} .$$

В итоге, при использовании методических прогнозов стоимостная величина потерь S_y есть

$$(S_y)_m = S_y \frac{n_{12}}{n_{10}} . \quad (3.5)$$

Если бы потребитель использовал инерционные прогнозы, то аналогичная стоимостная величина была бы равна

$$(S_y)_{ин} = (S_y) \frac{(n_{12})_{ин}}{n_{10}} . \quad (3.6)$$

Если $n_{12} = 0$, то $(S_y)_m = 0$. То же самое и при инерционных прогнозах: при $(n_{12})_{ин} = 0$ соответственно и $(S_y)_{ин} = 0$.

4. Рассмотрим ситуацию ($\bar{d}(\bar{I}) \sim \bar{\Phi}$) (синоптиком заморозок не прогнозировался \bar{I} ($t > 0$) и меры защиты не применялись. Заморозок не наблюдался $\bar{\Phi}$ ($t > 0$)).

$s_{22} = 0$, так как заморозок не прогнозировался и фактически не наблюдался.

Заметим, что матрица потерь мало меняется из года в год, если потребитель не вносит существенных изменений в агротехнологию.

Однако у потребителя прогнозов – сельхозпредприятия Дмитриевский – ежегодно менялся размер посевных площадей, урожайность, закупочная цена и т.д. Поэтому матрицы потерь были рассчитаны за каждый период в отдельности (табл. 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2

Матрицы потерь (тыс. руб/прогноз) при использовании краткосрочного прогноза весенних заморозков за период 1999–2003 гг., сельхозкультура – капуста

	1999 г.		2000 г.
	$\begin{vmatrix} & d(I\bar{I}) & \bar{d}(\bar{I}\bar{I}) \\ \Phi & 25,11 & 55,56 \\ \bar{\Phi} & 25,11 & 0,00 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} & d(I\bar{I}) & \bar{d}(\bar{I}\bar{I}) \\ \Phi & 31,00 & 84,79 \\ \bar{\Phi} & 31,00 & 0,00 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} & d(I\bar{I}) & \bar{d}(\bar{I}\bar{I}) \\ \Phi & 33,00 & 85,00 \\ \bar{\Phi} & 33,00 & 0,00 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} & d(I\bar{I}) & \bar{d}(\bar{I}\bar{I}) \\ \Phi & 33,75 & 86,25 \\ \bar{\Phi} & 33,75 & 0,00 \end{vmatrix}$
			$\begin{vmatrix} & d(I\bar{I}) & \bar{d}(\bar{I}\bar{I}) \\ \Phi & 31,28 & 78,75 \\ \bar{\Phi} & 31,28 & 0,00 \end{vmatrix}$

Таблица 3.3

Матрицы потерь (тыс. руб/прогноз) при использовании краткосрочного прогноза весенних заморозков за период 1999–2003 гг., сельхозкультура – гречиха

	1999 г.		2000 г.
	$\begin{vmatrix} & d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & 4,00 & 14,00 \\ \bar{\Phi} & 4,00 & 0,00 \end{vmatrix}$		$\begin{vmatrix} & d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & 10,00 & 30,00 \\ \bar{\Phi} & 10,00 & 0,00 \end{vmatrix}$
	$\begin{vmatrix} & d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & 12,00 & 32,40 \\ \bar{\Phi} & 12,00 & 0,00 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} & d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & 4,44 & 12,06 \\ \bar{\Phi} & 4,44 & 0,00 \end{vmatrix}$	
		$\begin{vmatrix} & d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & 12,00 & 24,45 \\ \bar{\Phi} & 12,00 & 0,00 \end{vmatrix}$	

3.3. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности прогнозов весенних заморозков

Для оценки экономической полезности использования прогнозов весенних заморозков сначала были рассчитаны средние потери потребителя при использовании методических

и инерционных прогнозов, а затем экономический эффект и экономическая эффективность для сельхозпредприятия Дмитриевский и двух сельскохозяйственных культур – капусты и гречихи.

Сельхозпредприятие Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – капуста.

Результаты расчётов средних потерь потребителя при использовании методических прогнозов \bar{R}_m и инерционных $\bar{R}_{ин}$, климатологической стратегии постоянной защиты $\bar{R}_{кл.1}$ и климатологической стратегии пренебрежения мерами защиты $\bar{R}_{кл.2}$, а также экономического эффекта (Э) и экономической эффективности (P) за каждый год периода 1999–2003 гг. представлены в таблице 3.4.

В таблице 3.4 также представлены значения:

S и \bar{S} – площадь посадки и средняя площадь посадки соответственно;

U – урожайность (ц/га, т/га);

H – первоначальные затраты потребителя (выращивание рассады и полевые работы по ее посадке);

C – затраты на предупредительные меры (в виде дождевания) на площади S ;

\bar{k} – средняя многолетняя степень повреждения ($\bar{k} = 0.1$);

L – прямые потери при пропуске заморозка;

S_y – недобор урожая в объеме 5 %.

Таблица 3.4

Экономический эффект и экономическая эффективность прогнозов
весенних заморозков для сельхозпредприятия Дмитриевский,
сельскохозяйственная культура – капуста

Критерии оценки	годы				
	1999	2000	2001	2002	2003
S , га	40.5	50	50	50	45
\bar{S} , га	20.25	25	25	25	22.5
Y , т/га	13	20	30	23	26
Закупочная цена, руб	291	290	350	454	454
H , руб	13719	16957	17000	17250	17500
C -затр на предуп мер на площ S , руб	1240	1240	1320	1350	1390
\bar{k}	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
C , тыс руб	25.11	31.00	33.00	33.75	31.28
L , тыс руб	55.56	84.79	85.00	86.25	78.75
$S_{уз}$, тыс руб	7.66	14.50	26.25	26.11	26.56
$Z_{шт}$, тыс руб	0.21	0.27	0.303	0.303	0.34
$\bar{R}_{мет}$, 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
$\bar{\Delta}$ -эффект, тыс руб	165	203	165	443	90
P -эффективность, руб	11.91	20.31	16.00	29.81	10.18
$R_{кл}$	0.152	0.324	0.206	0.327	0.615
C/L^*	0.451	0.364	0.385	0.389	0.392
$\bar{R}_{кл1}(R_{кл} > C/L^*)$, тыс руб/сл	—	—	—	—	31.275
$\bar{R}_{кл2}(R_{кл} < C/L^*)$, тыс руб/сл	8.535	27.890	18.272	28.696	—

Распределение средних потерь потребителя $\bar{R}_{мет}$, $\bar{R}_{ин}$, $\bar{R}_{кл}$ по годам представлено на рисунке 3.3.

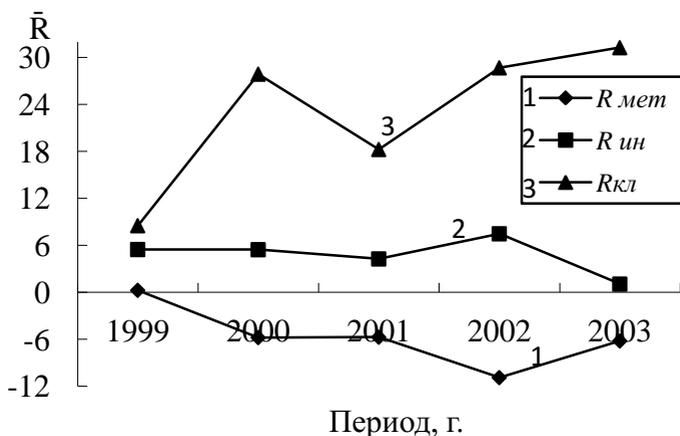


Рис. 3.3. Средние потери \bar{R} в сельхозпредприятии Дмитриевский при использовании различных хозяйственных (метеоролого-экономических) стратегий при выращивании капусты

Анализ результатов

а) При выращивании капусты сельхозпредприятие Дмитриевский несет наименьшие потери при использовании методических прогнозов. Их экономический эффект составил от 90 до 443 тыс. руб. за сезон.

б) В течение всех лет (1999–2003 гг.) для данного потребителя оптимальной оставалась стратегия ориентации на оперативные прогнозы заморозков.

Сельхозпредприятие Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – гречиха.

Результаты расчётов средних потерь потребителя при использовании методических прогнозов $\bar{R}_м$ и инерционных $\bar{R}_{ин}$, климатологической стратегии постоянной защиты $\bar{R}_{кл.1}$ и климатологической стратегии пренебрежения мерами защиты $\bar{R}_{кл.2}$, а также экономического эффекта (\mathcal{E}) и экономической

эффективности (P) за каждый год периода 1999–2003 гг. представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Экономический эффект и экономическая эффективность прогнозов весенних заморозков для сельхозпредприятия Дмитриевский, сельскохозяйственная культура – гречиха

критерии	годы				
	1999	2000	2001	2002	2003
S , га	100	200	200	74	150
\bar{S} , га	50	100	100	37	75
Y , т/га	0.7	0.6	0.6	0.5	1.8
Закупочная цена, руб	291	345	461	371	526
H , руб	1400	1500	1620	1630	1630
C -затр на предуп мер на площ S , руб	80	100	120	120	160
\bar{k}	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
C , тыс руб	4.00	10.00	12.00	4.44	12.00
L , тыс руб	14.00	30.00	32.40	12.06	24.45
$S_{\text{ус}}$, тыс руб	0.95	2.07	2.90	0.74	7.10
$Z_{\text{шт}}$, тыс руб	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2
$\bar{R}_{\text{мет}}$, тыс руб/пр	1.28	5.69	3.44	2.06	10.75
$\bar{R}_{\text{ин}}$, тыс руб/пр	1.89	7.32	5.37	3.18	12.17
$\bar{R}_{\text{мет}}$, при $\varepsilon = 0$, тыс руб/пр	-0.42	-2.43	-2.29	-1.63	-0.60
$\bar{R}_{\text{ин}}$, при $\varepsilon = 0$, тыс руб/пр	1.03	1.62	1.52	0.96	1.74
Δ -эффект, тыс руб	43.05	72.23	62.25	58.59	27.85
P -эффективность, руб	4.35	13.01	12.21	5.98	31.00
$R_{\text{кл}}$	0.152	0.324	0.206	0.327	0.615
C/L^*	0.285	0.333	0.369	0.368	0.485
$\bar{R}_{\text{кл1}}(R_{\text{кл}} > C/L^*)$, тыс руб/сл	—	—	—	—	12
$\bar{R}_{\text{кл2}}(R_{\text{кл}} < C/L^*)$, тыс руб/сл	2.136	9.786	6.756	3.954	—

Распределение средних потерь потребителя $\bar{R}_{\text{мет}}$, $\bar{R}_{\text{ин}}$, $\bar{R}_{\text{кл}}$ по годам представлено на рисунке 3.4.

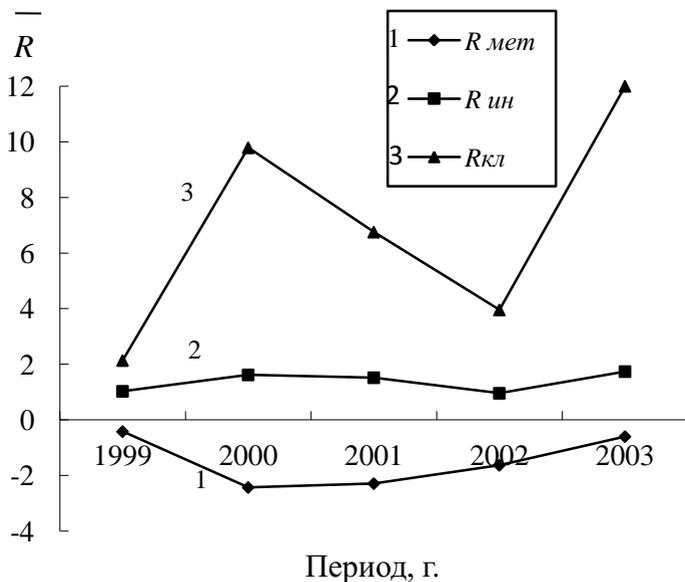


Рис. 3.4 Средние потери \bar{R} в сельхозпредприятии Дмитриевский при использовании различных хозяйственных (метеоролого-экономических) стратегий при выращивании гречихи

Анализ результатов

а) При выращивании гречихи сельхозпредприятие Дмитриевский несет наименьшие потери при использовании методических прогнозов. Их экономический эффект составил от 27 до 72 тыс. руб. за сезон.

б) В течение всех лет (1999–2003 гг.) для данного потребителя оптимальной оставалась стратегия ориентации на оперативные прогнозы заморозков.

Из-за межгодовой изменчивости повторяемости заморозков, трудно выбрать ту или иную климатологическую стратегию ($S_{кл.1}$ или $S_{кл.2}$). Можно лишь утверждать, что с уменьшением затрат на предупредительные меры, т.е. с уменьшением отношения C/L^* , более вероятна стратегия $S_{кл.1}$.

3.4. Контрольные вопросы

Перечислите опасные явления для сельского хозяйства.

Объясните в чём разница между адвективными и радиационными заморозками.

Укажите из чего же складываются прямые потери потребителя в случае ошибочных прогнозов – пропусков явления.

Объясните почему в рассматриваемом примере матрица потерь потребителя меняется из года в год.

Глава 4

ПРОГНОЗЫ СКОРОСТИ ВЕТРА И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ МОРСКОГО ПОРТА

К опасным для морских портов относятся следующие явления [14]: высокий уровень воды, гололед на территории порта, грозы, дождь продолжительный сильный, навалы морского льда, появление непроходимого льда на рейде, шквал, шторм, ураган, обледенение судов, сильное волнение, сильное сжатие льдов, смерч, тайфун, цунами, штормовой сгон.

В 2000 г. на территории России было зарегистрировано 285 опасных гидрометеорологических явлений. При этом наиболее часты и опасны явления ветрового характера (шторм, ураган, тайфун и связанные с ними наводнения, тягун, навалы льда и возможное обледенение судов). Вот почему прогноз ветра для морского порта является определяющим фактором эффективного планирования и выполнения всех видов работ на акватории порта. Опасные воздействия ветра и волнения могут вызывать значительные разрушения в порту, повреждение портового оборудования и судов, приостановку выхода судов с грузом и другие проявления ущерба.

Особо опасные условия погоды складываются на побережье вдоль Севморпути.

Успешность краткосрочных прогнозов скорости ветра и их экономическая полезность рассмотрена на примере Мурманского морского порта [5].

Процесс учета погодозависимости эффективно реализуется в морских портах Заполярья. Мурманский морской порт определен ключевым элементом всей транспортной системы Севера России. В соответствии с генеральным планом развития Мурманского транспортного узла грузооборот порта к 2015–2020 гг. может превысить 100 млн тонн [26].

Основная информационная продукция для всех морских организаций – прогнозы скорости ветра, состояние водной поверхности и условий погоды в приводном слое.

Специализация гидрометеорологического обеспечения морских портов устанавливается в соответствии с назначением порта и с учетом местных особенностей погоды.

4.1. Успешность краткосрочных прогнозов скорости ветра

Наиболее опасным и сложным для работы морского порта Мурманска и прохождения морских судов в акватории Баренцева моря и Арктике является период с октября по март.

Авторами [5] были проанализированы суточные прогнозы скорости ветра за период октябрь–март с 2004 по 2008 гг. Всего рассматривалось 729 суточных прогнозов, содержащих как опасные для морского порта $V \geq 12$ м/с, так и благоприятные условия погоды $V < 12$ м/с.

На основании полученных матриц сопряженности были рассчитаны критерии успешности прогнозов скорости ветра. Результаты расчета критериев успешности прогнозов скорости ветра приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Успешность прогнозов скорости ветра при $V \geq 12$ м/с для г. Мурманска за период с 2004 по 2008 гг., октябрь–март.

Критерии успешности	Методический прогноз	Инерционный прогноз	Относительное превышение
<i>Критерий надёжности H</i>	0.382	0.275	1.39
<i>Критерий точности Q</i>	0.536	0.275	1.95
<i>Критерий – информационное отношение v</i>	0.2310	0.0656	3.52

Анализ результатов

Методические прогнозы имеют более высокую успешность по сравнению с инерционными. Например, критерий точности (Q) методических прогнозов в 1.95 раз выше, чем инерционных.

4.2. Разработка матрицы потерь для морского порта

Содержание матрицы потерь потребителя метеорологических прогнозов определяется рядом экономических показателей, в частности, таких, как грузооборот порта, стоимость судосуток, необходимые расходы на защитные мероприятия и, конечно же, непредотвращенная часть потерь.

Единственной мерой защиты является простой судов и погрузо-разгрузочной техники, что приводит к серьезным финансовым потерям. Прямые потери L в условиях опасной погоды связаны с повреждениями судов, разрушением портового оборудования и потерями доходов.

Опыт работы морских организаций показал, что морские порты использовали прогностическую информацию в режиме простой альтернативы – ожидаются неблагоприятные или опасные условия погоды (в целом – гидрометеорологические условия), надо принимать меры защиты, в случае ориентации на нормальную погоду суда выполняют запланированные работы.

Это условие альтернативных решений $d(I_j)$ отображено в матрице потерь.

Для этого рассмотрим более полное содержание матрицы потерь

$$\begin{vmatrix} d(I) & \bar{d}(\bar{I}) \\ \Phi & s_{11} + \varepsilon s_{12} & s_{12} \\ \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C + \varepsilon L & L \\ C & 0 \end{vmatrix}$$

Пояснения введенным обозначениям:

$s_{11} = C$ – затраты на меры защиты; $s_{12} = L$ – прямые потери в случае ошибок–пропусков явления или опасного условия погоды;

$s_{22} = 0$ – потери при благоприятной погоде отсутствуют;

ε – коэффициент непредотвращенных потерь, равный отношению доли непредотвращенных потерь ($\varepsilon s_{12} = \varepsilon L$) к максимальным потерям ($s_{12} = L$).

Принимаемые меры защиты не являются кардинальными. Естественно, что часть потерь не удастся предотвратить. Эти непредотвращенные потери (εs_{12}) рассматриваются как доля от максимально возможных s_{12} . Тем не менее, определенная часть возможных потерь оказывается предотвращенной ($s_{12} - \varepsilon s_{12}$).

Если $(s_{11} + \varepsilon s_{12})$ есть общие издержки потребителя (его собственные и за счет природных явлений), то $(s_{12} - \varepsilon s_{12})$ – это положительный результат за счет использования прогнозов, снижающий общие издержки.

Ошибки (страховки) вызывают напрасно израсходованные средства на меры защиты (s_{21}).

1. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \Phi$) – синоптиком прогнозировалась опасная градация скорости ветра Π ($V \geq 12$ м/с) и меры защиты применялись. Данная градация скорости ветра наблюдалась Φ ($V \geq 12$ м/с).

Определение s_{11}

Стоимость мер защиты $s_{11} = C$ включает оплату работ специального назначения, стоимость простоя кранов и другого портового оборудования, приостановка движения малых судов на акватории порта. В сумме достигается регистрация величины C .

Грузооборот порта Мурманска в январе–октябре 2008 г. составил 23,18 млн тонн [27]. Отсюда средний грузооборот порта (Q) за сутки составил 76,0 тыс. т.

При известной средней грузоподъемности судов (D) (сухогрузов, танкеров, контейнеровозов) 12,2 тыс. т и среднем коэффициенте использования грузоподъемности судов, равном $\beta_i = 0,85$, судооборот порта (n_c) за сутки есть величина [28]

$$n_c = \sum \frac{Q_i}{D_i \times \beta_i} = \frac{76,0}{12,2 \times 0,85} = 7 \text{ судов/сутки}$$

По данным ЦНИИ морского флота, среднесуточные расходы на стоянке морских судов среднего класса равны 0,491 млн руб. Отсюда общая стоимость судосутки в порту составит $7 \times 0,491 = 3,4$ млн руб. (Судосутки – себестоимость содержания судов в порту).

На меры защиты s_{11} допускается величина $0,5 \times 3,4 = 1,7$ млн руб., необходимая чтобы избежать максимально возможных потерь при опасных скоростях ветра.

Определение ϵs_{12}

Величина непредотвращенных потерь $\epsilon s_{12} = \epsilon L$ устанавливается как сумма

$$\epsilon L = L_1 + \epsilon L_2,$$

где L_1 – прямые потери, исчисляемые стоимостью судосудок и потерей дохода как отдельными судами, так и порта в целом из-за приостановки погрузо-разгрузочных работ на судах и, соответственно, их простоя; L_2 – непредотвращенные потери, которые устанавливаются с прекращением опасного состояния погоды и возобновлением работы в порту. Их стоимость – это стоимость разрушения, повреждения, затопления и др.

В данном случае непредотвращенные потери (εs_{12}) при среднем ($\varepsilon = 0,25$) составляют 1,2 млн руб./сутки.

2. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \bar{\Phi}$) (синоптиком прогнозировалась опасная градация скорости ветра Π ($V \geq 12$ м/с) и потребитель применил меры защиты. Однако данная градация скорости ветра не наблюдалась $\bar{\Phi}$ ($V < 12$ м/с).

Определение s_{21}

Величина напрасно принятых мер защиты определяется как

$$s_{21} = 0.5 \cdot s_{11}$$

Итак, $s_{21} = 0,5 \cdot 1,7 = 0,85$ млн руб./сутки.

3. Рассмотрим ситуацию ($\bar{d}(\bar{\Pi}) \sim \Phi$) (синоптиком не прогнозировалась опасная градация скорости ветра $\bar{\Pi}$ ($V < 12$ м/с) и потребитель не применил меры защиты. Однако данная градация скорости ветра наблюдалась Φ ($V \geq 12$ м/с).

Определение s_{12}

$s_{12} = L$ – прямые потери морского порта, а именно повреждения судов, разрушение портового оборудования и потеря доходов.

По ряду портов России отношение затрат к убыткам s_{11}/s_{12} составляет 0,37.

Отсюда принимается, что максимальные потери

$$s_{12} = s_{11}/0,37$$

Итак, $s_{12} = 1,7/0,37 = 4,6$ млн руб./сутки, то есть на период суточного прогноза.

4. Рассмотрим ситуацию $(\bar{d}(\bar{\Pi}) \sim \bar{\Phi})$ (синоптиком не прогнозировалась опасная градация скорости ветра $\bar{\Pi}$ ($V < 12$ м/с) и потребитель не применил меры защиты). Данная градация скорости ветра не наблюдалась $\bar{\Phi}$ ($V < 12$ м/с).

$s_{22} = 0$, так как опасное явление не прогнозировалось и фактически не наблюдалось.

В итоге матрица потерь для морского порта Мурманска имеет вид

$$\begin{vmatrix} & d(\Pi) & \bar{d}(\bar{\Pi}) \\ \Phi & 1,7 + 1,2 & 4,6 \\ \bar{\Phi} & 1,7 & 0 \end{vmatrix}.$$

При этом предотвращенная часть потерь есть

$$(s_{12} - \varepsilon s_{12}) = (4,6 - 1,2) = 3,4.$$

4.3. Средние потери потребителя при использовании краткосрочных прогнозов скорости ветра

Задача потребителя заключается в том, чтобы постоянно вести поиск более эффективных организационных, финансовых и технологических мер защиты. В процессе такой долговременной адаптации достигается снижение средних (байесовских) потерь $\Delta \bar{R}_M^{ин} = \bar{R}_{ин} - \bar{R}_M$ [14]. Разность $\Delta \bar{R}_M^{ин}$ есть величина снижения потерь, т.е. фактически сбереженные материальные средства или иные ценности потребителя за счет использования оперативных методических прогнозов. Результаты расчёта величины снижения потерь потребителя при использовании оперативных методических прогнозов за период с 2004 по 2008 гг., октябрь – март представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Разность между средними байесовскими потерями (млн руб./прогноз) за период с 2004 по 2008 гг., октябрь – март

ε	Разность($\bar{R}_{ин} - \bar{R}_{м}$), (октябрь– март)				$\Delta\bar{R}_{м}^{ин}$ (октябрь– март)
	2004- 2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2004-2008
0	0,781	0,640	0,328	0,659	0,602
0,25	0,465	0,362	0,138	0,357	0,331
0,5	0,149	0,084	-0,051	0,055	0,060
0,75	- 0,167	-0,194	-0,241	-0,246	-0,212
1	-0,483	-0,472	-0,431	-0,548	-0,483

Анализ результатов

Морскому порту города Мурманска удалось снизить потери (сберечь материальные ценности) $\Delta\bar{R}_{м}^{ин}$ при использовании оперативных методических прогнозов за период с 2004 по 2008 гг. (октябрь – март) на сумму 0,602 млн руб./прогноз при $\varepsilon = 0$ и 0,331 млн руб./прогноз при $\varepsilon = 0,25$.

Величина $\Delta\bar{R}_{м}^{ин}$ есть научно-производственный результат специализированного метеорологического обеспечения в системе «погода–прогноз–потребитель». При оценке эффективности использования прогнозов следует учитывать, что потребитель (порт) имеет возможность адаптироваться к ожидаемым условиям погоды. Адаптация осуществляется в режиме постоянного доверия оперативным методическим прогнозам. При этом содержание прогнозов, их заблаговременность и продолжительность (прогностический период), включая штормовые предупреждения, устанавливаются потребителем согласно договорным условиям с учетом требований его хозяйственной практики.

4.4. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности для морского порта

Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности проводится по формулам (2.22) и (2.23), соответственно, при общем числе прогнозов для данного потребителя за выбранный период времени ($N = 729$); при $\beta = 0,7$ и $Z_{\text{пп}} = 0,0015$ млн руб.

Экономические показатели, рассчитанные для Мурманского порта за период с 2004 по 2008 годы, представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Экономические показатели

Годы	ε	$\bar{R}_{\text{ин}}$, млн руб.	$\bar{R}_{\text{м}}$, млн руб.	$\Delta\bar{R}_{\text{м}}^{\text{ин}}$, млн руб.	$\mathcal{E}_{\text{м}}$, млн руб.	\mathcal{E}_0 , млн руб. 2004- 2008	$P_{\text{м}}$, руб.	P_0 , руб. 2004- 2008
2004- 2005	0 0,25	0,678 1,057	-0,103 0,592	0,781 0,465	99,3 59,1		363 216	
2005- 2006	0 0,25	0,511 0,751	-0,129 0,389	0,640 0,362	81,3 45,9		297 168	
2006- 2007	0 0,25	0,399 0,588	0,071 0,450	0,328 0,138	41,6 17,4		152 63	
2007- 2008	0 0,25	0,559 0,810	-0,100 0,453	0,659 0,357	84,2 45,5		306 165	
Среднее	0 0,25	0,537 0,802	-0,065 0,471	0,602 0,331	76,6 42,0	168	280 153	153

Анализ результатов

а) Средний за период (по годам, октябрь–март) экономический эффект при $\varepsilon = 0,25$ составляет 42,0 млн руб., а за четыре периода (2004–2008 гг., октябрь–март) экономический

эффект (Ξ) составляет $42,0 \times 4 = 168,0$ млн руб. (общий абсолютный экономический эффект за 4 периода 2004–2008 гг.).

б) На один рубль затрат на прогнозы в ФГБУ "Мурманское УГМС" потребитель (порт) получает сбережение материальных средств на 280 руб. при $\varepsilon = 0$; при $\varepsilon = 0,25$ – 153 руб. – вследствие снижения потерь за счет методических прогнозов.

При построении матриц потерь следует учитывать следующие моменты:

1. потребитель должен знать максимально возможные потери по всему порту как суммарную оценку метеорологических потерь по всем причалам, терминалам (соответственно, отдельным компаниям).

2. Каждый морской порт располагает определенными мерами защиты и их стоимостью C , которая также в пределах порта выступает как суммарная величина расходов «на защиту» по отдельным причалам и компаниям.

3. По каждому случаю опасного усиления ветра, предусмотренного прогнозом, выстраивается мера защиты стоимостью C , а по завершению штормовой ситуации определяется та часть потерь по метеоусловиям εL , которую не было возможности предотвратить. Непредотвращенные метеорологические потери (εL) должны фиксироваться в бухгалтерских отчетах морских организаций.

4.5. Контрольные вопросы

Перечислите опасные явления для морских портов.

Какие меры защиты осуществляет руководство порта в случае прогноза ОЯ или НГЯ.

В чём заключается сущность разности между средними потерями потребителя при использовании им инерционных и методических прогнозов.

Глава 5

ПРОГНОЗЫ ПОЖАРООПАСНОСТИ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

К опасным для лесного хозяйства явлениям относятся [14]: засушливые (бездождевые периоды), создающие угрозу возникновения лесных пожаров; грозы; ветер скоростью 10 м/с и более; сильные ливни с количеством осадков более 15 мм за 12 часов; поздние весенние и ранние осенние заморозки; сильные морозы, ниже -25° , которые создают угрозу вымерзания осадков.

Наибольшую угрозу лесам причиняют пожары, которые возникают в силу различных причин, но скорость масштаба распространения определяется метеорологическими условиями.

В учреждениях Гидрометслужбы составляются ежедневные информационные карты метеорологических условий горимости леса, прогнозы горимости на сутки, трое и месяц.

Помимо разработки соответствующих прогнозов оценивается и их экономическая полезность.

И.В. Овсянниковым [30] было предложено рассматривать пять классов природной пожароопасности: 1 класс означает отсутствие пожароопасности, 2 и 3 классы относятся к категории малой и средней пожароопасности, соответственно, 4 и 5 классы означают высокую и чрезвычайно высокую пожароопасности, соответствующие критерию неблагоприятного и опасного явления.

Параметры каждого класса определяются региональными Управлениями лесного хозяйства в зависимости от масштабов лесных массивов, возможных потерь и экономической значимости леса в регионе.

Для различных классов площади распространения лесных пожаров определяются в зависимости от продолжительности возгорания t как периода горения леса до начала активных

противопожарных мероприятий и рассчитываются по формулам

$$S_1 = 4.2t^{1.57}, \quad (5.1)$$

$$S_2 = 1.99t^{1.39}, \quad (5.2)$$

$$S_3 = 1.0t^{1.25}, \quad (5.3)$$

$$S_4 = 0.1t^{0.66}, \quad (5.4)$$

$$S_5 = 0.26t^{0.19}, \quad (5.5)$$

где S_k – площадь пожара при k -ом классе пожароопасности; t – продолжительность возгорания как период времени с момента возникновения пожара до начала его тушения.

Численным коэффициентом в формулах (5.1) – (5.5) придается размерность га/ч. Численные величины, отражающие степень при t , безразмерны.

Успешность краткосрочных прогнозов пожароопасности и их экономическая полезность оценивалась на основе данных по территории Адыгеи за период с 2001 по 2005 гг. (май – август).

5.1. Матрицы сопряжённости методических прогнозов пожарной опасности

В течение пожароопасного периода (май – август) с 2001 по 2005 гг. по территории Адыгеи было составлено и передано потребителям 615 прогнозов пожароопасности в диапазоне с 1 по 5 класс. На основании данных по пожароопасности были построены альтернативные матрицы методических и инерционных прогнозов по территории Адыгеи за периоды: май – август 2001г., май – август 2002г., май – август 2003г., май – август 2004г., май – август 2005г., которые представлены ниже.

Методические прогнозы

Инерционные прогнозы

май – август 2001

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	41	2	43
$\bar{\Phi}$	1	79	80
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	42	81	123

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	40	3	43
$\bar{\Phi}$	3	77	80
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	43	80	123

май – август 2002

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	12	0	12
$\bar{\Phi}$	0	111	111
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	12	111	123

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	9	3	43
$\bar{\Phi}$	3	108	111
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	12	111	123

май – август 2003

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	41	0	41
$\bar{\Phi}$	0	82	82
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	41	82	123

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	37	4	41
$\bar{\Phi}$	4	78	82
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	41	82	123

май – август 2004

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	2	0	2
$\bar{\Phi}$	0	121	121
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	2	121	123

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	1	1	2
$\bar{\Phi}$	1	120	121
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	2	121	123

май – август 2005

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	12	0	12
$\bar{\Phi}$	0	111	111
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	12	111	123

Φ_i	Π_j		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Π	$\bar{\Pi}$	
Φ	9	3	12
$\bar{\Phi}$	3	108	111
$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$	12	121	123

В матрицах: Π и Φ есть 4–5 класс пожароопасности, а $\bar{\Pi}$ и $\bar{\Phi}$ есть 1–3 класс пожароопасности.

Результаты расчёта критериев успешности прогнозов пожароопасности для территории Адыгеи за каждый год представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Критерии успешности прогнозов
пожарной опасности лесов по территории Адыгеи
за 2001г. (май – август) – 2005г. (май – август)

		2001г.	2002г.	2003г.	2004г.	2005г.
p	Мет	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99
	Ин.	0.95	0.95	0.93	0.98	0.93
H	Мет	0.96	1.00	1.00	1.00	0.93
	Ин.	0.89	0.72	0.84	0.43	0.53
Q	Мет	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00
	Ин.	0.89	0.72	0.85	0.51	0.72
A	Мет	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
	Ин.	0.89	0.72	0.86	0.49	0.73

Анализ результатов

Расчёт критериев успешности прогнозов пожароопасности показывает, что для территории Адыгеи в течение перио-

дов: май – август 2001, май – август 2002, май – август 2003, май – август 2004, май – август 2005 успешность методических прогнозов зачастую была на уровне идеальных.

5.2. Разработка матрицы потерь для лесного хозяйства

Для определения значений элементов матрицы потерь использовались следующие сведения:

- стоимость пользования лесными угодьями;
- скорость распространения лесных пожаров;
- средние расходы на пожаротушение.

Стоимость прямого пользования древесиной и побочными дарами леса [31] по территории Адыгеи на период 2001 – 2005 гг. составила 642 и 224 тыс. руб. или 866 тыс.руб. в год, соответственно.

В оперативной работе расчеты экономического эффекта прогнозов пожароопасности выполняются за каждый месяц или за весь период возможной высокой пожароопасности. Отсюда стоимость пользования лесными угодьями за месяц составляет величину $866 \text{ тыс. руб.} / 12 = 72 \text{ тыс. руб.}$

По данным Управления лесного хозяйства Адыгеи, когда прогнозируемая пожароопасность достигает 4–5 класса, службы противопожарной охраны лесов находятся в состоянии максимальной готовности и время прибытия к месту пожара не превышает трех часов.

При разработке матрицы потерь применительно к данному потребителю определенную сложность представляет разработка величины s_{12} – максимально возможных потерь L при лесном пожаре [3] из-за недостатков в учётной системе потребителя или его нежелания предоставлять объективную информацию о потерях, связанных с лесным пожаром. Поэтому были использованы косвенные, объективные оценки.

1. Рассмотрим ситуацию ($\bar{d}(\bar{\Pi}) \sim \Phi$) (синоптиком пожароопасные условия (4–5 класс) не прогнозировались $\bar{\Pi}$ и потребитель не применил меры защиты. А опасное явление наблюдалось Φ).

$s_{12} = L$ – прямые потери потребителя – лесного хозяйства – из-за позднего предупреждения и значительного запаздывания (до 12 часов) прибытия к месту пожара.

Определение s_{12}

Прямые потери (s_{12}) от лесных пожаров можно определить по формуле вида

$$s_{12} = L = M \cdot \Pi \cdot S_3 + Z_{пт}, \quad (5.6)$$

где M – средние ликвидные запасы древесины на 1 га, м³/га; Π – стоимость 1 м³ ликвидных запасов древесины и побочных даров леса тыс. руб./ м³; S_3 – площадь пожара третьего класса природной пожарной опасности, га; $Z_{пт}$ – затраты на пожаротушение, тыс. руб.

Для лесного хозяйства Адыгеи:

$Z_{пт}$ – затраты на пожаротушение составили 160.6 тыс. руб;

S_3 – площадь пожара третьего класса природной пожарной опасности при $t = 12$ часов согласно формуле (5.3) определяется

$$S_3 = 1.0t^{1.25} = 1.0 \cdot 12^{1.25} = 22.3 \text{ га.}$$

$(M \cdot \Pi)$ – произведение средних ликвидных запасов древесины на 1 га в м³/га (M) на стоимость 1 м³ ликвидных запасов древесины и побочных даров леса в тыс. руб./ м³ (Π) на 1 га в месяц составило 72 тыс. руб.

Далее по формуле 5.6 рассчитывается величина s_{12}

$$s_{12} = 72 \cdot 22.3 + 160.6 = 1766.2 \text{ тыс.руб.}$$

2. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \Phi$) (синоптиком прогнозировалась высокая пожарная опасность Π (4–5 класс) и меры защиты применялись заблаговременно с учетом времени их доставки ($t = 3$ часа). Пожары действительно наблюдались Φ .

Определение s_{11}

$s_{11} = C$ – экстренная организация, транспортировка техники и оборудования к месту пожара (28.1 тыс. руб.) и стоимость операции по тушению пожара ($\frac{1}{4} \cdot 3_{nm} = 0.25 \cdot 160.6 = 40.2$ тыс. руб. В итоге $s_{11} = 28.1 + 40.2 = 68.3$ тыс. руб.

Определение εs_{12}

$\varepsilon s_{12} = \varepsilon L$ – та часть потерь, которую не удалось предотвратить вследствие задержки прибытия к месту пожара. Это те издержки, которые обусловлены объективным состоянием организации мер защиты, которые определяются

$$\varepsilon s_{12} = M \cdot \Pi \cdot S_3.$$

S_3 – площадь пожара третьего класса при известной задержке $t = 3$ часа

$$S_3 = 1.0t^{1.25} = 1.0 \cdot 3^{1.25} = 3.9 \text{ га.}$$

$$M \cdot \Pi = 72 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, непредотвращенная часть потерь (εs_{12}) за 3 часа пожара составляет

$$\varepsilon s_{12} = 72 \text{ тыс.руб.} \cdot 3.9 \text{ га} = 280.8 \text{ тыс. руб.}$$

В итоге общие издержки (затраты на меры защиты и предотвращённые потери) составляют

$$s_{11}^* = s_{11} + \varepsilon s_{12} = (28.1 + 40.2) + 280.8 = 349.1 \text{ тыс. руб.}$$

3. Рассмотрим ситуацию ($d(\Pi) \sim \bar{\Phi}$) (синоптиком прогнозировалась высокая пожарная опасность Π (4–5 класс) и меры защиты применялись заблаговременно с учетом времени их доставки ($t = 3$ часа). Однако явление не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

Определение s_{21}

s_{21} – экстренная организация, транспортировка техники и оборудования к месту пожара составили 28.1 тыс. руб (допускается принимать).

4. Рассмотрим ситуацию ($\bar{d}(\bar{\Pi}) \sim \bar{\Phi}$) (синоптиком не прогнозировалась высокая пожарная опасность $\bar{\Pi}$, меры защиты не применялись и явление не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

$s_{22} = 0$, так как опасное явление не прогнозировалось и фактически не наблюдалось.

В результате записывается матрица потерь

$$\begin{vmatrix} & d(\Pi) & \bar{d}(\bar{\Pi}) \\ \Phi & 6,8 + 280,8 & 1766,2 \\ \bar{\Phi} & 28,1 & 0 \end{vmatrix},$$

где Φ есть по факту 4–5 класс пожароопасности; $\bar{\Phi}$ есть по факту 1–3 класс пожароопасности. $d(\Pi)$ – меры защиты применяются согласно прогнозу Π (прогнозируется 4–5 класс пожароопасности); $\bar{d}(\bar{\Pi})$ – работы проводятся согласно прогнозу $\bar{\Pi}$ (прогнозируется 1–3 класс пожароопасности).

5.3. Оценка коэффициента непредотвращённых потерь

Оценим коэффициент непредотвращённых потерь ε .

$$\varepsilon = \frac{280,8}{1766,2} = 0,16.$$

Однако, так как к началу тушения пожара огнем уже охвачено 3.9 га, а в процессе тушения пожара площадь возгорания растёт, то к завершению операции тушения пожара непредотвращённая часть потерь может оказаться фактически несколько больше, чем 280.8 тыс. руб. Поэтому в практике оценки полезности прогнозов целесообразно принять $\varepsilon = 0.25$ или по согласованию с потребителем ограничиться величиной $\varepsilon = 0.16$.

5.4. Средние потери потребителя при использовании прогнозов пожарной опасности

Средние потери при использовании методических прогнозов определяются по формуле (2.24)

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12} + s_{22}n_{22}].$$

Средние потери при использовании инерционных прогнозов определяются по формуле

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}^{ин}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + s_{21}n_{21}^{ин} + s_{12}n_{12}^{ин} + s_{22}n_{22}^{ин}],$$

где индекс «ин» означает, что в формуле используются элементы матрицы сопряжённости инерционных прогнозов.

Обратим внимание, что потребитель остается тот же $s_{12}(1-2\varepsilon)$, меняется лишь прогностическая информация, которую он может использовать (это его право).

Результаты расчёта средних потерь при использовании методических и инерционных прогнозов представлены в таблице 5.2.

Знак минус перед значениями в таблице указывает на выгоду (отрицательные потери) использования прогнозов.

Таблица 5.2.

Средние потери при использовании методических и инерционных прогнозов

Годы	Коэффициент ε	Средние потери, тыс.руб.		
		\bar{R}_m	$\bar{R}_{ин}$	$\Delta\bar{R} = \bar{R}_{ин} - \bar{R}_m$
2001	0.16	-348.6	-324.6	24.0
	0.25	-242.6	-221.2	21.4
2002	0.16	-110.5	-39.1	71.4
	0.25	-79.5	-15.9	63.6
2003	0.16	-337.6	-282.4	95.2
	0.25	-271.6	-186.8	84.8
2004	0.16	-18.4	5.4	23.8
	0.25	-13.2	8.0	21.2
2005	0.16	-91.9	3.1	95.0
	0.25	-66.0	18.6	84.6

Анализ результатов

За весь рассмотренный период (2001–2005 гг., май–август) использование методических прогнозов пожароопасности на территории Адыгеи принесло не потери, а выгоду.

5.5. Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности для лесного хозяйства

Расчёт экономического эффекта и экономической эффективности проводится по формулам (2.22) и (2.23), соответственно, при этом $\beta = 0.7$, а $Z_{\text{пп}} = 0.9$ тыс.руб. Результаты представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Экономический эффект (тыс. руб.) и экономическая эффективность (руб.) прогнозов пожарной опасности лесов в республике Адыгея

Годы	Коэффициент ε	$s_{11} = 68.3$ тыс.руб.	
		\mathcal{E}	P
2001	0.16	1988.9	18
	0.25	1765.0	16
2002	0.16	6070.0	55
	0.25	5398.5	49
2003	0.16	8119.2	73
	0.25	7223.8	65
2004	0.16	1971.7	18
	0.25	1747.8	16
2005	0.16	8102.0	73
	0.25	7206.6	65
Сумма	26277.6	Среднее 47	26277.6
Сумма	23341.7	Среднее 42	23341.7

Анализ результатов

а) Экономический эффект использования прогнозов пожароопасности по территории Адыгеи колеблется в пределах от 1.8 до 8.1 млн руб. за сезон.

б) За 5–летний период сумма экономического эффекта достигает 26 млн руб.

в) Экономическая эффективность при этом составляет: на 1 рубль затрат на прогнозы (в Адыгейском ЦГМС) потребитель получает 47 руб. сэкономленных средств (природных богатств).

5.6. Контрольные вопросы

Перечислите классы пожарной опасности.

Чем определяется площадь распространения лесных пожаров для различных классов пожарной опасности.

Перечислите сведения, используемые для расчёта элементов матрицы потерь потребителя от лесных пожаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние погодных условий на экономическую и социальную сферы общества не вызывает сомнения.

В учебном пособии представлены обобщенные и систематизированные результаты статистических исследований разных авторов, посвященные проблеме воздействия опасных явлений и неблагоприятных гидрометеорологических явлений на различные отрасли экономики России. В частности, за последние годы выявлена динамика увеличения ОЯ и НГЯ, особенно в теплый период года и показано, что наиболее уязвимыми являются такие отрасли, как: сельское хозяйство, транспорт, энергетика и жилищно-коммунальное хозяйство.

Для максимального снижения возможных воздействий гидрометеорологических условий необходима оптимальная адаптация к ожидаемым условиям погоды, а значит оптимальное (экономически эффективное) использование гидрометеорологической информации.

В учебном пособии представлен обзор экономической полезности использования прогнозов погоды в различных отраслях экономики. Так наиболее высокий показатель экономической эффективности от применения специализированной гидрометеорологической информации в России оказался в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве. В целом средний показатель экономической эффективности в России составил 1:50, то есть на 1 рубль затрат на разработку метеорологического прогноза – экономический эффект в 50 сбереженных рублей.

Одним из наиболее часто используемых в нашей стране методов для оценки экономической полезности метеорологических прогнозов является метод, разработанный Л.А. Хандожко. В данном пособии представлен его алгоритм и описание.

Практическое применение данного метода было рассмотрено на примере трёх отраслей: сельского хозяйства, лесного хозяйства и морского флота (морского порта) для различных территорий России. Особенный акцент сделан на построении матриц потерь для каждой из представленных отраслей экономики, а, как известно, разработка матриц потерь потребителя является наиболее сложным этапом в процессе расчёта экономического эффекта и эффективности.

Так результаты исследования успешности краткосрочных методических прогнозов весенних заморозков по данным станции Уфа-Дема (Республика Башкортостан) показали, что данные оперативные прогнозы достаточно успешны. А экономический эффект их использования в одном из хозяйств Республики достигал 443 тыс. руб. за сезон.

Успешность краткосрочных прогнозов пожароопасности лесов для территории Адыгеи также оказалась достаточно высокой, в некоторые годы она достигала уровня идеальных прогнозов. При этом величина экономического эффекта использования прогнозов в лесном хозяйстве Адыгеи варьировалась в пределах от 1.8 до 8.1 млн руб. за сезон.

Успешность краткосрочных прогнозов скорости ветра для порта города Мурманска за исследованный период (2004–2008 гг., октябрь–март) оказалась достаточно хорошей. При этом в целом за данный период экономический эффект составил 168,0 млн руб.

Таким образом, в данном учебном пособии представлены некоторые результаты научно-исследовательских работ по эффективному использованию гидрометеорологической информации, проводимой учёными России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 2012: a year of success for Munich [Text]: Munich–Annual Report, 2012. URL:[<https://www.fpmi.de/en/press/press-release/article/items/id-2012-a-year-of-success-for-munich-annual-economic-report-of-the-municipal-government-3677.html>].

2. Навстречу зеленой экономике [Текст]: Доклад ЮНЕП. – Франция, 2011. – 43 с. URL:[http://www.unepcom.ru/wdownloads/ger_synthesis_ru.pdf.]

3.Бедрицкий А. И. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным явлениям погоды и климата [Текст] / А. И. Бедрицкий А. А. Коршунов, Л. А. Хандожко, М. З. Шаймарданов // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 4. – С. 5–14.

4. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов [Текст]: научно–методическое пособие / Л.А. Хандожко. – Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 2008. – 146 с.

5. Глазов М.М. Анализ экономической эффективности метеорологических прогнозов (на примере морского порта Мурманска) [Текст] / М.М. Глазов, Л.А.Хандожко, М.Н.Сидорова // Общество. Среда. Развитие. – 2010. – № 2. – С. 19–25.

6. Малахова Е. В., Коршунов А. А. Обзор социально-экономических показателей, включающих влияние экологического фактора [Текст] / Е. В. Малахова, А. А.Коршунов. – ВНИИГМИ–МЦД, 2016. URL: [www.meteo.ru].

7. Бедрицкий А.И. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России [Текст] / А.И. Бедрицкий, А.А.Коршунов, Л.А. Хандожко, М.З. Шаймарданов // Право и безопасность. – 2007. – №№1–2. – С.30–42.

8. Weather and Climate Services in Europe and Central Asia. A Regional Review. World Bank Working Paper № 151. The World Bank. Washington, D.C. 2008. – 79 p.

9. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений [Текст]: РД 52.88.699-2008. Руководящий документ. – М., 2008. – 33 с.

10. Руководство по практике метеорологического обслуживания населения [Текст]: – 2-е изд. – ВМО № 834 / Секретариат Всемирной Метеорологической Организации – Женева-Швейцария, 2000.

11. Коршунов А.А. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие экономики России для обслуживания потребителей: результаты статистического анализа опасных условий погоды [Текст] / А.А. Коршунов, М.З.Шаймарданов, И.Л.Шаймарданова. – Методический кабинет Гидрометцентра России, 2016. URL: [www.method.meteorf.ru]

12. Грепачевский И.В. Об экономическом ценности гидрометинформации для ее потребителей [Текст] / И.В Грепачевский., Е.А. Ерома // Метеоспектр. – 2008. – №1. – С. 89–93.
13. Оценка полезности метеорологического обслуживания в Китае (Чжан Гоудай и Ван Хайсао) [Текст]: Бюллетень ВМО, 2003. – №24. – Том 52. – С. 459–464.
14. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология [Текст]: учебник / Л.А.Хандожко. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 339 с.
15. Хандожко Л.А. Современные проблемы и перспективы развития экономической метеорологии [Текст] / Л.А. Хандожко // Метеоспектр. – 2008. – № 3. – С. 10–13.
16. Багров, Н.А. О статистических свойствах некоторых оценок прогнозов [Текст] / Н.А. Багров // Труды ММЦ.–1966.–Вып. 9.–С. 61–69.
17. Кендал, М.Дж. Статистические выводы и связи [Текст] / М.Дж. Кендал, А. Стьюарт; пер. с англ.– М.: Наука, 1973.–899 с.
- 18.Бедрицкий, А.И. Проблема экономически выгодного использования метеорологических прогнозов [Текст] / А.И. Бедрицкий, А.А. Коршунов, Л.А. Хандожко, М.З. Шаймарданов // Метеорология и гидрология.– 1998.– № 10.– С.5 – 17.
19. Хандожко, Л.А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения [Текст]: учебное пособие / Л.А. Хандожко.– СПб.: Гидрометиздат.–1999.– 161 с.
20. Волобуева О.В. Экономический эффект и экономическая эффективность использования метеорологических прогнозов в агропромышленном и теплоэнергетическом секторе экономики республики Башкортостан: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / О.В. Волобуева – Москва: ФГБУ "ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ").– 2007. – 137 с.
21. Жуков В.А. Оценка эффективности использования гидрометеорологической информации в сельском хозяйстве [Текст] / В.А. Жуков, О.К. Устинова, А.А. Коршунов // Труды ВНИИГМИ–МЦД.– 2002.– Вып. 169.– С. 66 – 87.
22. Лосев А. П. Агrometeorология [Электронный ресурс] / А. П. Лосев, Л. Л. Журина [Текст]: – 2-е изд., и перераб. и доп. – М. : КолосС, 2010. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – URL:[<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207713.html>].
23. Куперман Ф. М. Выпревание озимых культур [Текст] / Ф. М. Куперман, В. А. Моисейчик. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977 – 165 с.

24. 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.

25. Hunter, A.A. On the validity of measures of association: the nominal-nominal, two-by-two case [Text] / A.A. Hunter // Amer. J. Soc.–1974.–Vol. 79.–P.99–109.

26. Балясников С.Б., Бресткин С.В. 75 лет Северному морскому пути: история, современность и перспективы [Текст] / С.Б. Балясников, С.В. Бресткин // Метеоспектр. – 2008. – № 3. – С. 94–101.

27. Грузооборот порта Мурманск возрос // Корабел.ру. – Электрон. журн. – СПб., 2009. – Режим доступа: http://www.korabel.ru/news/comments/statistics/gruzooborot_porta_murmansk_v_yanvare_ktyabre_2008_goda_vozros_na_112_i_sostavil_232_millions_tonn.html

28. Сабодаш О.А. План морского порта [Текст]: Ч. I. / О.А. Сабодаш – Владивосток: ДВГТУ, 2007. – 13 с.

29. Хандожко Л.А. Оценка экономического эффекта прогноза пожароопасности лесов [Текст] / Л.А. Хандожко, В.В. Гусева // Метеоспектр. – 2008. – № 1. – С. 69–101.

30. Щетинский Е.А. Охрана лесов [Текст] / Е.А. Щетинский. – М.: ВНИИЛИ, 2001. – 359 с.

31. Березкин Н.Г., Татлок З.Р., Уджуху Р.З. Денежная оценка лесных ресурсов республики Адыгея [Текст] / Н.Г. Березкин, З.Р. Татлок, Р.З. Уджуху. – Майкоп: МГТУ, 2002. – 5 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Типовой перечень опасных природных явлений

Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А.1 Метеорологические	
А.1.1 Очень сильный ветер	Ветер при достижении скорости при порывах не менее 25 м/с, или средней скорости не менее 20 м/с; на побережьях морей и в горных районах при достижении скорости не при порывах не менее 30 м/с
А.1.2 Ураганный ветер (ураган)	Ветер при достижении скорости 33 м/с и более
А.1.3 Шквал	Резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин) усиление ветра до 25 м/с и более
А.1.4 Смерч	Сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности
А.1.5 Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч
А.1.6 Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Значительные жидкие или смешанные осадки (дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег) с количеством выпавших осадков не менее 50 мм (в ливнеопасных (селеопасных) горных районах – 30 мм) за период времени не более 12 ч
А.1.7 Очень сильный снег	Значительные твердые осадки (снег, ливневый снег) с количеством выпавших осадков не менее 20 мм за период времени не более 12 ч

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(продолжение)

А.1.8 Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм (в ливнеопасных районах с количеством осадков не менее 60 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 сут
А.1.9 Крупный град	Град диаметром 20 мм и более
А.1.10 Сильная метель	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч
А.1.11 Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос пыли (песка) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м и продолжительностью не менее 12 ч
А.1.12 Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), при котором значение метеорологической дальности видимости не более 50 м продолжительностью не менее 12 ч
А.1.13 Сильное гололедно-изморозевое отложение	Диаметр отложения на проводах гололедного станка: гололеда – диаметром не менее 20 мм; сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега – диаметром не менее 35 мм; изморози – диаметр отложения не менее 50 мм

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А.1.14 Сильный мороз	В период с ноября по март значение минимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или ниже его
А.1.15 Аномально-холодная погода	В период с октября по март в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7 °С и более
А.1.16 Сильная жара	В период с мая по август значение максимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или выше его
А.1.17 Аномально-жаркая погода	В период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7 °С и более
А.1.18 Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности относится к 5 классу (10000 °С по формуле Нестерова)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.1.19 Сход снежных лавин	Сход крупных лавин, наносящих значительный ущерб хозяйственным объектам или создающий опасность населенным пунктам
А.2 Агрометеорологические	
А.2.1 Заморозки	Понижение температуры воздуха и /или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0 °С на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая
А.2.2 Переувлажнение почвы	В период вегетации сельхозкультур в течение 20 дней (в период уборки в течение 10 дней) состояние почвы на глубине 10–12 см по визуальной оценке увлажненности оценивается как липкое или текучее; в отдельные дни (не более 20 % продолжительности периода) возможен переход почвы в мягкопластичное или другое состояние
А.2.3 Суховей	Ветер скоростью 7 м/с и более при температуре выше 25 °С и относительной влажности не более 30 %, наблюдающиеся хотя бы в один из сроков наблюдений в течение 3 дней подряд и более в период цветения, налива, созревания зерновых культур

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.2.4 Засуха атмосферная	В период вегетации сельхозкультур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25 °С (в южных районах РФ – выше 30 °С). В отдельные дни (не более 25 % продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур ниже указанных пределов
А.2.5 Засуха почвенная	В период вегетации сельхозкультур за период не менее 3 декад подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см составляют не более 10 мм или за период не менее 20 дней, если в начале периода засухи запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см были менее 50 мм
А.2.6 Раннее появление или установление снежного покрова	Появление или установление снежного покрова (в том числе временного) любой величины раньше средних многолетних сроков на 10 дней и более
А.2.7 Промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы	Раннее (на 10 дней и более раньше средних многолетних сроков) промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы продолжительностью не менее 3 дней

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.2.8 Низкие температуры воздуха при отсутствии снежного покрова или при его высоте менее 5 см, приводящие к вымерзанию посевов озимых	Понижение температуры воздуха ниже минус 25 °С при отсутствии снежного покрова или понижение температуры воздуха ниже минус 30 °С при высоте снежного покрова менее 5 см, обуславливающее понижение температуры на глубине узла кущения растений ниже критической температуры вымерзания, приводящее к изреженности и/или полной гибели озимых культур
Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А.2.9 Сочетание высокого снежного покрова и слабого промерзания почвы, приводящее к выпреванию посевов озимых	Длительное (более 6 декад) залегание высокого (более 30 см) снежного покрова при слабо промерзшей (до глубины менее 30 см) или талой почве. При этом минимальная температура почвы на глубине 3 см удерживается от минус 1 °С и выше, что приводит к частичной или полной гибели посевов озимых культур
А.2.10 Ледяная корка	Слой льда на поверхности почвы (притертая ледяная корка) толщиной 2 см и более, залегающая 4 декады и более в период зимовки озимых культур
А.3 Гидрологические	
А.3.1 Половодье	Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующая наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников (по ГОСТ 19179)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.3.2 Зажор	Скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды (по ГОСТ 19179) до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 %
А.3.3 Очень большие расходы воды	Расходы воды (естественные) повторяемостью менее 10 %
А.3.4 Очень малые расходы воды	Расходы воды (естественные) повторяемостью менее 10 %
А.3.5 Затор	Скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды (по ГОСТ 19179) до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 %
А.3.6 Паводок	Фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды (по ГОСТ 19179) до отметок повторяемостью наивысших уровней менее 10 % и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей
А.3.7 Сель	Стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхло-обломочных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек в результате интенсивных дождей или бурного таяния снега, а также прорыва завалов и морен (по ГОСТ 19179)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.3.8 Низкая межень	Понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней
А.3.9 Раннее ледообразование	Появление льда и образование ледостава (дагы) на судоходных реках, озерах и водохранилищах в конкретных пунктах в ранние сроки повторяемостью не чаще 1 раза в 10 лет
Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А.4 Морские гидрометеорологические	
А.4.1 Цунами	Долгопериодные морские гравитационные волны, возникающие в результате подводных землетрясений, извержений подводных вулканов, подводных и береговых обвалов и оползней, приводящие к затоплению прибрежных населенных пунктов, береговых сооружений и народнохозяйственных объектов
А.4.2 Очень сильный ветер	Скорость ветра на акватории океанов, арктических, дальневосточных и антарктических морей (включая порывы) не менее 30 м/с, на акватории других морей – не менее 25 м/с
А.4.3 Ураганный ветер (ураган)	Скорость ветра на акватории океанов и морей 33 м/с и более
А.4.4 Сильное волнение	Высота волн в прибрежных районах не менее 4 м, в открытом море не менее 6 м, в открытом океане не менее 8 м

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.4.5 Обледенение судов	Быстрое и очень быстрое (не менее 0,7 см/ч) обледенение судов
А.4.6 Сгонно-нагонные явления	Уровни воды ниже опасных отметок, при которых прекращается судоходство, гибнет рыба, повреждаются суда, или выше опасных отметок, при которых затопляются населенные пункты, береговые сооружения и объекты; критерии устанавливаются территориальными органами или ГУ УГМС
А.4.7 Сильный тягун в морских портах	Резонансные волновые колебания воды в портах, вызывающие циклические горизонтальные перемещения судов (не менее 1 м), стоящих у причала
А.4.8 Раннее появление льда	Появление ледового покрова или припая в ранние сроки повторяемость не чаще 1 раза в 10 лет
А.4.9 Интенсивный дрейф льда	Дрейф ледяных полей (льдин размером не менее 500 м) со скоростью не менее 1 км/ч
А.4.10 Сжатие льда	Сжатие интенсивностью 3 балла
А.4.11 Сильный туман на море	Туман с видимостью менее 100 м
Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А.4.12 Появление льда, непроходимого судами и ледоколами в период навигации на судовых трассах и в районах промысла	

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(продолжение)

А.4.13 Отрыв прибрежных льдов в местах выхода людей на лед	
А.4.14 Завалы льда на берега и морские гидротехнические сооружения	
А.5 Гелиогеофизические	
А.5.1 Сильное возмущение радиационной обстановки в ОКП	Измеренный в полярных областях на орбитах КА высотой более 1000 км поток высокоэнергичных (с энергией $E_p > 30$ МэВ) протонов не менее 800 част./ $(\text{см}^2\text{с})$. Расчетная максимальная мощность дозы проникающих излучений на орбите КА высотой 300–500 км и наклонением 52° за защитой 1 г/ см^2 алюминия $\text{^^} > 25$ рад/сут (при магнитной буре, характеризующейся индексами геомагнитной возмущенности $K_p > 5$ или $A_p > 30$)
А.5.2 Сильная магнитная буря	Значения индексов геомагнитной возмущенности составляют: $K_p > 7$ или $A_p > 40$
А.5.3 Сильное возмущение ионосферы с нарушением КВ-связи	Появление и сохранение в течение не менее 3 ч подряд отрицательных отклонений максимальных применимых частот при ионосферном распространении радиоволн на величину более 50 % от медианных (средних) значений критических частот ($AF_0F_2 > 50$ %) или полное поглощение сигналов в КВ диапазоне в течение > 1 ч в полярных областях.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Типовой перечень и критерии гидрометеорологических явлений, сочетания которых образуют ОЯ

Наименование явлений, сочетания которых образуют ОЯ	Критерии гидрометеорологических явлений, сочетания которых образуют ОЯ
Б.1 Сильный ветер	Скорость ветра не менее 80 % от установленного регионального критерия ОЯ по скорости ветра
Б.2 Гололедно-изморозевые отложения	Диаметр отложения на проводах гололедного станка: гололеда – не менее 10 мм; изморози – не менее 18 мм; мокрого (замерзающего) снега – не менее 25 мм
Б.3 Низкие температуры	Значение температуры воздуха устанавливается территориальным органом (ГУ УГМС, ФГУ «Калининградский ЦГМС)
Б.4 Сильный дождь (дождь со снегом, мокрый снег, снег с дождем)	Не менее 35 мм (в горных и ливнеопасных районах - не менее 20 мм) за период не более 12 ч
Б.5 Ливень	Не менее 20 мм за период не более 1 ч
Б.6 Град	Диаметр менее 20 мм
Б.7 Гроза	-
Б.8 Частые дожди	В течение 7 дней ежедневное количество осадков превышает 1 мм и составляет за этот период более 150 % декадной нормы
Б.9 Повышенная влажность воздуха	В течение 7 дней среднесуточное значение относительной влажности воздуха 80 % и более

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(продолжение)

Б.10 Сильные осадки (мокрый снег) с установлением временного снежного покрова в аномально ранние (поздние) сроки	Критерии явления устанавливаются территориальным органом, ГУ УГМС и ФГУ «Калининградский ЦГМС»
Б.11 Высокие уровни воды в сочетании с волнением на побережье моря	Критерии явления устанавливаются территориальным органом, ГУ УГМС и ФГУ «Калининградский ЦГМС»

Учебное пособие

Дробжева Яна Викторовна
Волобуева Ольга Васильевна

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ
И
ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ**

Учебное пособие

Подписано в печать 12.08.2016 Формат 60x90/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,5
Тираж 50 экз. Заказ 357

Отпечатано в типографии «Адмирал»
199178, Санкт-Петербург, В.О., 7-я линия, д.84 А