

71:93-11/55-5

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РСФСР ПО ДЕЛАМ НАУКИ
И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

9.4.93

УДК 551.5.633.11(571.51)

14/2/26



ПЕСТЕРЕВА НИНА МИХАЙЛОВНА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНОСТИ
КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ РИСОВОДЧЕСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Специальность 11.00.09 -
метеорология, климатология,
агрометеорология

Диссертация на соискание
ученой степени доктора
географических наук



Владивосток 1992

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| Введение | 9 |
| Глава I. Современное состояние исследований по использованию метеорологической информации при выборе оптимальных хозяйственных решений в сельскохозяйственном производстве | 27 |
| I.1. Использование климатической информации при принятии хозяйственных решений в сельском хозяйстве. | 30 |
| I.2. Долгосрочные прогнозы и хозяйственные решения | 41 |
| I.3. Адаптация систем управления хозяйствен- ной деятельностью по прогнозам погоды, составленным после сева, и фактической метеорологической информации. | 49 |
| Глава 2. Разработка структуры моделей расчета про- дуктивности культур севооборота в специа- лизированном рисоводческом хозяйстве. | 64 |
| 2.1. Метеоролого-технологические схемы раз- личных уровней принятия хозяйственных решений в рисоводческом хозяйстве | 64 |
| 2.1.1. Влияние факторов внешней среды на продуктивность риса и технологию его выращивания. | 64 |
| 2.1.2. Метеоролого-технологические схемы принятия хозяйственных решений в рисоводстве. | 69 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 2.2. | Постановка задачи моделирования продуктивности культур севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве. | 75 |
| 2.3. | Блок-схемы моделирования продуктивности культур севооборота в рисоводческом специализированном хозяйстве в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности. | 79 |
| Глава 3. | Пространственно-временная изменчивость и оценка вклада составляющих урожайности риса в северных районах рисосеяния. | 91 |
| 3.1. | Основные районы рисосеяния | 91 |
| 3.2. | Пространственно-временная изменчивость и оценка вклада составляющих урожайности риса в северных районах рисосеяния. | 94 |
| 3.2.1. | Выбор оптимальной трендовой составляющей урожайности риса | 94 |
| 3.2.2. | Оценка вклада составляющих урожайности риса | 105 |
| 3.3. | Методика определения сопряженных по урожайности риса регионов | 107 |
| Глава 4. | Методы оценки влияния климатических и погодных аномалий на продуктивности риса. | 114 |
| 4.1. | Изменчивость климата зоны рисосеяния за период инструментальных наблюдений и оценка его влияния на продуктивность риса. | 114 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.2. | Оценка влияния периода исходной выборки на характер и величину зависимости между метеорологическими величинами и урожайностью сельскохозяйственных культур | 137 |
| 4.3. | Методы оценки влияния агрометеорологических условий на урожайность риса и культур севооборотов рисового поля. | 147 |
| 4.3.1. | Оценка влияния теплообеспеченности вегетационного периода на урожайность риса и культур севооборотов. | 147 |
| 4.3.2. | Методы оценки условий произрастания риса и основных культур его севооборотов на основе декадной метеорологической информации. | 154 |
| 4.3.3. | Оценка влияния комплексных характеристик погоды на урожайность риса и культур его севооборотов. | 159 |
| Глава 5. | Методологические основы синоптико-статистического прогноза урожайности риса. | 163 |
| 5.1. | Основные методы прогноза урожайности сельскохозяйственных культур | 163 |
| 5.2. | Теоретическое обоснование схемы долгосрочного прогноза средней по краю урожайности риса | 165 |
| 5.3. | Исследование особенностей атмосферной циркуляции и теплового состояния морской подстилающей поверхности в урожайные и неурожайные по рису годы | 172 |
| 5.4. | Физическая схема связи развития атмос- | |

| | |
|--|-----|
| ферных процессов над Дальним Востоком с условиями формирования урожайности риса. | 186 |
| Краткие выводы | 196 |
| Глава 6. Эмпирическая модель квазидвухлетней циклич- ности урожайности риса на юге Дальнего Вос- тока и синоптико-статистический метод ее прогноза. | 199 |
| 6.1. Эмпирическая модель квазидвухлетней цик- личности аномалий погоды и урожайности риса | 199 |
| 6.2. Методы формализации синоптико-статисти- ческого прогноза урожайности риса. | 216 |
| 6.3. Схемы синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева | 222 |
| 6.4. Методы комплексирования прогноза урожай- ности на основе знаков линейных дискри- минантных функций. | 227 |
| 6.5. Корректировочные прогнозы урожайности после сева | 238 |
| Краткие выводы. | 242 |
| Глава 7. Комплексный синоптико-климатический метод долгосрочного прогноза погоды. | 245 |
| 7.1. Общие положения методики нового комплекс- ного синоптико-климатического долгосрочного прогноза погоды. | 245 |
| 7.2. Долгосрочный прогноз средней месячной температуры воздуха в июне по Приморскому краю на основе комплексного синоптико- климатического метода. | 251 |

| | |
|---|------|
| 7.3. Долгосрочный комплексный метод прогноза теплообеспеченности и типа распределения декадной температуры воздуха за вегетационный период. | 266 |
| 7.3.1. Комплексный синоптико-климатический прогноз теплообеспеченности вегетационного периода | 266 |
| 7.3.2. Долгосрочный прогноз типа распределения декадной температуры за вегетационный период | 272 |
| 7.4. Долгосрочный прогноз аномалий месячных сумм осадков, числа часов с осадками и индекса засушливости по Д.А. Педю (S_i) . . . | 277 |
| 7.4.1. Долгосрочный прогноз аномалий месячных сумм осадков по зоне рисосеяния Приморского края. | 277 |
| 7.4.2. Долгосрочный прогноз аномалии среднего месячного количества часов с осадками. | 283 |
| 7.4.3. Прогноз индекса засушливости по Д.А. Педю | 285. |
| Краткие выводы | 286. |
| Глава 8. Методы определения и оценки климатологических стратегий в рисоводстве. | 288 |
| 8.1. Методы выбора оптимальных стратегий в рисоводстве на основе климатической информации. | 288 |
| 8.2. Метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса . . | 301 |

| | |
|---|-----|
| 8.3. Методика районирования территорий по степени устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур. | 310 |
| 8.4. Методы оценки влияния климатических флуктуаций на экономические показатели рисоводческих хозяйств. | 315 |
| Краткие выводы | 324 |
| Глава 9. Численные эксперименты по моделированию продуктивности севооборота в специализированном хозяйстве в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности. | 326 |
| 9.1. Блок-схема метеорологического обслуживания рисоводства | 326 |
| 9.2. Методы определения оптимальной стратегии на основе синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева | 333 |
| 9.3. Численные эксперименты по моделированию продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности | 340 |
| 9.3.1. Моделирование продуктивности севооборота на примере совхоза Новосельский за 1975-1979 гг. | 342 |
| 9.3.2. Моделирование продуктивности севооборота в совхозе Новосельский за 1981-1985 гг. | 346 |
| 9.4. Перспективы совершенствования системы метеорологического обеспечения сельского | |

| | |
|---|-----|
| хозяйства на современном этапе (на примере рисоводства). | 353 |
| Краткие выводы. | 359 |
| Заключение. | 362 |
| Список литературы | 370 |

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельскохозяйственное производство, несмотря на постоянный рост уровня культуры земледелия, еще в значительной мере зависит от погодных условий. Непредотвратимые убытки по метеорологическим причинам в сельскохозяйственном производстве больше, чем в какой-либо другой отрасли народного хозяйства. Уменьшить долю ущерба по этой причине можно за счет более эффективного метеорологического обеспечения.

Научной основой схем агрометеорологического обеспечения отдельных отраслей сельскохозяйственного производства являются глубокие и всесторонние исследования о влиянии климатических особенностей и условий погоды как на формирование продуктивности сельскохозяйственных культур, так и на агротехнику их выращивания.

Исследования о влиянии метеорологических факторов на формирование продуктивности посевов, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, научное обоснование схем агрометеорологического обеспечения, выбор оптимальной стратегии конкретного потребителя метеорологической информации, оценка ее экономической полезности и изучение экологии сельскохозяйственного производства являются важнейшими проблемами агрометеорологии на современном этапе.

Значительный вклад в их решение внесли Ю.И. Чирков, В.М. Обухов, М.С. Кулик, Е.С. Уланова, В.А. Моисейчик, А.П. Федосеев, А.Н. Полевой, О.Д. Сиротенко, В.М. Пасов, Е.Е. Жуковский и другие.

Основой современного сельскохозяйственного производст-

ва являются специализированные хозяйства, характеризующиеся определенной структурой товарной продукции. Специализация совхозов и колхозов устанавливается с учетом конкретных природно-климатических условий данного региона, а также потребностей населения данного региона или общества в целом в тех или иных продуктах. Каждое специализированное хозяйство (зерноводческое, хлопководческое, рисоводческое и др.) имеет свои севообороты, под которыми понимается научно-обоснованное чередование культур и пара во времени и размещении их на полях. Как правило, в полевых севооборотах более половины посевных площадей должно быть занято основной сельскохозяйственной культурой, а остальные площади, в определенных соотношениях, отводятся под культуры, составляющие севообороты. Таким образом, в специализированном хозяйстве севооборот будет являться функцией времени и пространства, а продуктивность всего севооборота также определяется и погодными условиями конкретного года.

Современный период характеризуется внедрением новых экономических отношений в сельском хозяйстве, которые дают производителям определенную хозяйственную самостоятельность в отличие от административно-хозяйственного метода управления.

Поэтому весьма актуальной в настоящее время является проблема прогнозирования продуктивности не отдельной сельскохозяйственной культуры, а всего севооборота специализированного хозяйства в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности и биоклиматических ресурсов территорий.

Результатом моделирования продуктивности севооборота должна являться оптимальная структура посевных площадей, обеспечивающая получение либо: максимального выхода продукции всего севооборота в хозяйстве или только основной (специализированной) культуры; максимальной прибыли в хозяйстве от растениеводства; минимальных убытков; строгого соблюдения научно-обоснованных севооборотов или другого критерия оптимальности. Такие рекомендации могут быть разработаны только на основе предварительного детального изучения биологических особенностей специализированной культуры, ее требований к условиям внешней среды как в целом за весь период вегетации, так и за отдельные межфазные периоды развития. Кроме того, необходимо исследовать зависимость отдельных приемов агротехники от погодных условий, оценить надежность и стоимость защитных мероприятий, направленных на уменьшение убытков от неблагоприятных метеорологических условий, решить задачу биокompенсации, составить метеоролого-технологические схемы, разработать сверхдолгосрочный (до сева) прогноз урожайности специализированной культуры и др.

Одной из важнейших сельскохозяйственных культур является рис, который служит основным продуктом питания для большей части населения Земного шара. Около двух третьих общей орошаемой в мире площади занято этой культурой. Сбор зерна риса превышает сбор зерна пшеницы, но несмотря на это спрос на мировом рынке неудовлетворен полностью. На внутреннем рынке рис в настоящее время является одним из дефицитнейших продуктов питания. На территории Российской Федерации рис произрастает в районах прилегающих к север-

ной границе мирового ареала распространения этой ценной крупной культуры. Вклад самых северных районов рисосеяния в валовый сбор зерна риса по РСФСР составляет 28 %, в том числе, вклад рисоводов дальневосточников, - 8 %.

Климатические условия Дальнего Востока и его южных районов отличаются большим своеобразием, сложностью, суровостью с одной и недостаточной изученностью с другой стороны. В то же время предполагается, что в предстоящее десятилетие экономика данного региона будет развиваться более быстрыми темпами, чем в целом по стране за счет создания самостоятельных экономических зон. Поэтому важное научно-практическое значение приобретают исследования по более детальному изучению отдельных, небольших регионов Дальнего Востока применительно к потребностям конкретного потребителя метеорологической информации, а также разработка методов и способов более эффективного использования метеорологической информации при определении оптимальной климатологической стратегии и оценки экономической полезности метеорологических и агрометеорологических прогнозов.

Таким образом, актуальность работы определяется назревшей необходимостью комплексного исследования широкого круга вопросов, принадлежащих к различным направлениям гидрометеорологической науки: климатологии, синоптической метеорологии, долгосрочным прогнозам погоды, агрометеорологии, микроклиматологии, метеорологическому обеспечению, применительно к конкретной отрасли сельского хозяйства - рисоводству.

Основная цель диссертации - научное обоснование комплексной схемы агрометеорологического обеспечения рисо-

водства, основанной на различных видах и формах метеорологической информации и разработка методов прогноза продуктивности основных (зернобобовых) культур севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- научное обоснование зависимости продуктивности риса и основных культур его севооборотов от комплекса метеорологических факторов, определяемых особенностями атмосферной циркуляции Дальнего Востока;

- изучение влияния естественных климатических флуктуаций на урожайность риса, оценка влияния агрометеорологических условий в периоды климатических экстремумов на формирование продуктивности посевов сельскохозяйственных культур;

- оценка пространственно-временной изменчивости и вклада составляющих урожайности риса по всем районам рисосеяния страны, разработка метода сверхдолгосрочного (10-20 лет) прогноза неслучайной составляющей урожайности риса;

- изучение влияния метеорологических условий на формирование урожайности сельскохозяйственных культур в специализированном хозяйстве, количественное описание этого влияния и разработка на его основе блок-схем метеорологического обслуживания специализированного хозяйства;

- разработка метеоролого-технологических схем различных уровней принятия хозяйственных решений;

- создание модели квазидвухлетней цикличности аномалий урожайности риса и погоды на юге Дальнего Востока и разработка на ее основе методов долгосрочных прогнозов погоды, являющихся основой при выборе хозяйственных реше-

ний различного уровня в рисоводстве;

- разработка научных основ синоптико-статистического метода прогноза урожайности риса и культур составляющих севообороты рисового поля большой заблаговременности (до сева) и создание на его основе прогностических схем, позволяющих прогнозировать урожайность риса до сева не только по крупным административным территориям (область, край и т.д.), но и по отдельным хозяйствам;

- научное обоснование взаимосвязи между циркуляционными факторами атмосферы и аномалиями урожайности риса и культур его севооборотов;

- научное обоснование комплексного синоптико-климатического метода долгосрочного прогноза основных метеорологических факторов, определяющих продуктивность риса и агротехнику его выращивания;

- разработка методов динамического и статического комплексирования прогнозов урожайности и погоды;

- постановка и реализация задачи моделирования продуктивности культур всего севооборота в специализированном хозяйстве в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности и биоклиматических ресурсов территории;

- проведение численных экспериментов по модели, оценка ее чувствительности;

- разработка методов определения оптимальных стратегий потребителя и оценка экономической полезности метеорологической информации в рисоводстве.

В качестве математического аппарата использованы методы математической статистики: корреляционный и регрессионный анализ, линейный дискриминантный анализ, разложе-

ние полей по естественным ортогональным составляющим и др.

В работе использовались материалы наблюдений сети агро-, аэро- и гидрометеорологических станций Госкомгидромета за весь период инструментальных наблюдений (с 1881 г., и по мере открытия станций, до 1990 г.), данные специальных тематических наблюдений (1976–1978 гг.), поставленных в различных мезо- и микроклиматических районах зоны рисосеяния юга Дальнего Востока, результаты полевых экспериментов, проведенных при участии автора (1983 г.).

Использовались поля геопотенциала от 1000 гПа до уровня 30 гПа, сведения о формах атмосферной циркуляции и типах атмосферных процессов, ледовитости дальневосточных морей, аномалии температуры поверхности воды Японского моря, типах погоды юга Дальнего Востока и др.

Информация об экономических показателях (себестоимость, прибыль, закупочная цена и т.д.) была получена в рисоводческих хозяйствах (1960–1990 гг.). Для анализа пространственно-временного распределения урожайности риса использовались сведения по всем районам рисосеяния Советского Союза.

Разработан комплекс методов исследований (климатических, синоптических, физико-статистических, агрометеорологических, микроклиматических), позволяющих создавать различные по сложности и надежности схемы метеорологического обеспечения конкретной отрасли сельскохозяйственного производства – рисоводства.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- впервые выполнено теоретическое обобщение по проблеме использования метеорологической информации (климати-

ческой и прогностической) при выборе хозяйственных решений в сельском хозяйстве для рисоводства;

- проведено научное обоснование зависимости продуктивности риса и основных культур (зернобобовых) его севооборотов от комплекса метеорологических факторов, определяемых особенностями муссонной циркуляции Дальнего Востока;

- осуществлена агроклиматическая оценка юга Дальнего Востока, исследованы климатические флуктуации в ходе основных метеорологических факторов, определяющих продуктивность риса и культур его севооборотов;

- сформулированы принципы и составлены метеоролого-технологические блок-схемы для различных уровней принятия хозяйственных решений в рисоводстве;

- оценен вклад составляющих урожайности риса по всем основным районам рисосеяния страны, разработан метод определения сопряженных по урожайности территорий и сельскохозяйственных культур;

- разработан метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса;

- определено влияние климатических флуктуаций на экономические показатели хозяйственной деятельности в рисоводстве;

- разработан долгосрочный синоптико-статистический, от теоретического обоснования до практической реализации, метод, позволяющий прогнозировать до сева урожайность не только в среднем по краю, но и по отдельным хозяйствам с полугодовой заблаговременностью;

- разработаны методологические основы комплексного

синоптико-климатического прогноза погоды, который был реализован на примере долгосрочного (с заблаговременностью пять и два месяца) прогноза аномалий средней месячной температуры воздуха и сумм температур выше 10°C ;

- разработаны методы комплексирования прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур и погоды;

- исследовано влияние периода выборки временных метеорологических рядов на агрометеорологические зависимости и показатели;

- разработаны комплексные показатели циркулярного вихря и системы атмосфера - подстилающая поверхность;

- разработан долгосрочный прогноз аномалий месячных сумм осадков с использованием линейного дискриминантного анализа, составлены правила динамического комплексирования прогнозов с различной заблаговременностью;

- разработан долгосрочный прогноз аномалий числа часов с осадками, типа распределения декадной температуры воздуха, индекса засушливости (S_i), составлены правила статического комплексирования прогнозов на основе сочетания знаков нескольких линейных дискриминантных функций;

- определены оптимальные климатологические стратегии в рисоводстве на примере Приморского края;

- составлена блок-схема метеорологического обслуживания рисоводства на основе долгосрочных прогнозов урожайности, погоды и биокомпенсации;

- разработано новое перспективное направление в агрометеорологическом обслуживании специализированных хозяйств (на примере рисоводческого) - моделирование продуктивности севооборота в зависимости от степени хозяйствен-

ной самостоятельности и биоклиматических ресурсов; теоретической основой которого является комплексное использование различных видов метеорологической информации и количественных зависимостей между факторами внешней среды и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Предметом защиты является комплекс методов (климатических, физико-статистических, синоптических, агрометеорологических) позволяющий исследовать роль и экономическую полезность различных форм и видов метеорологической информации при выборе хозяйственных решений различного уровня в сельскохозяйственном производстве на примере одной из важнейших его отраслей — рисоводства.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

- теоретического обобщения по использованию ресурсов климата и погоды в рисоводстве;

- выполненной оценки вклада составляющих урожайности одной из ценнейших крупяных культур — риса, по всем районам рисосеяния страны;

- результаты исследования влияния: периода выборки временных метеорологических рядов на агрометеорологические зависимости и показатели; комплекса метеорологических факторов на формирование продуктивности риса и культур его севооборотов;

- оценки агроклиматических ресурсов юга Дальнего Востока применительно к рисосеянию;

- физико-статистический метод прогноза урожайности риса и зернобобовых культур его севооборотов, позволяющий составлять прогнозы с полугодовой заблаговременностью до сева;

- эмпирическая модель квазидвухлетней периодичности аномалий урожайности риса и погоды на юге Дальнего Востока;
- комплексный синоптико-климатический метод долгосрочного прогноза погоды;
- правила статического и динамического комплексирования долгосрочных прогнозов урожайности и погоды;
- комплексная блок-схема агрометеорологического обеспечения рисоводства, составленная на основе результатов выполненных исследований;
- результаты анализа влияния особенностей циркуляции атмосферы Дальнего Востока и теплового состояния морской подстилающей поверхности на формирование продуктивности риса и культур его севооборотов;
- результаты выбора оптимальных стратегий в рисоводстве Дальнего Востока, рассчитанных по метеоролого-экономическим моделям дискретного и непрерывного типов;
- статистическая модель, позволяющая моделировать продуктивность конкретного набора культур в специализированном рисоводческом хозяйстве с учетом прогноза урожайности сельскохозяйственных культур до сева и в зависимости от степени экономической самостоятельности и биоклиматических ресурсов территорий.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь. Выполненные исследования были вызваны запросами сельскохозяйственного производства к агрометеорологическому обеспечению на современном этапе и направлены на непосредственное практическое применение.

Развитые в работе теоретические представления позволяют, на основе предложенных методов прогнозирования уро-

жайности риса и культур составляющих его севообороты для юга Дальнего Востока, вести разработку методик прогнозирования применительно к другим зонам рисосеяния;

Разработанная модель расчета продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве может быть применена для других специализированных хозяйств, а также использована в рисоводческих хозяйствах, расположенных в других почвенно-климатических зонах. Кроме того, предложенная модель позволит выполнять научные исследования для оценки влияния ошибки прогноза урожайности культур и определения его пороговой оправдываемости, выбора оптимальной стратегии потребителя, динамического моделирования продуктивности севооборота и др.

Разработанные синоптико-статистические методы долгосрочного прогноза аномалий месячных сумм осадков и числа часов с осадками внедрены в практику оперативного обслуживания не только рисоводства, но и других отраслей народного хозяйства.

Р е а л и з а ц и я р а б о т ы. Метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса по основным районам рисосеяния страны передан во ВНИИ риса (Краснодар). Метод прогноза трендовой составляющей урожайности риса внедрен в Дальневосточном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте в отделе методов агрометеорологических прогнозов, а также в Приморском гидрометцентре (акт о внедрении от 30 октября 1990 г.).

Синоптико-статистический метод прогноза урожайности риса по краю и по отдельным хозяйствам прошел производственные испытания (в течение 1988-1990 гг.) и решением Технического совета (от 04.04. 1991 гг.) Приморского гидро-

метцентра внедрен в практику агрометеорологического обслуживания рисоводства.

Долгосрочный синоптико-статистический метод прогноза аномалий месячных сумм осадков по основному сельскохозяйственному району Приморского края с пяти- и двухмесячной заблаговременностью прошел производственные испытания (1987-1990 гг.), утвержден Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим прогнозам и внедрен отделом долгосрочных прогнозов погоды Приморского гидрометцентра в практику оперативного обеспечения народного хозяйства (решение Техсовета от 04.04. 1991 г.).

Производственные испытания (1987-1990 гг.), прошел специально разработанный в рамках блок-схемы метеорологического обеспечения рисоводства, синоптико-статистический долгосрочный прогноз аномалий числа часов с осадками. Решением Технического совета Приморского гидрометцентра (от 04.04. 1991 г.) метод внедрен в практику оперативного обслуживания народного хозяйства.

Все вышеперечисленные методы прогноза автоматизированы, автором подготовлены специальные программы для персональных компьютеров типа IBM.

Проходит производственные испытания комплексный синоптико-климатологический метод прогноза аномалий средней месячной температуры воздуха, теплообеспеченности вегетационного периода и типа распределения средней декадной температуры воздуха.

Материалы диссертации внедрены в учебный процесс. Они нашли применение при разработке учебных программ, чтении лекций и проведении лабораторных работ по основным

и специальным курсам в Дальневосточном государственном университете, в Приморском сельскохозяйственном институте, в Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Результаты, представленные в диссертации, докладывались на Всесоюзных научно-технических совещаниях и конференциях по агрометеорологическому обслуживанию сельского хозяйства (Москва, 1982, 1988 гг.); агрометеорологической секции ВАСХНИЛ (Москва, 1980, 1987 гг.); Приморской краевой научно-технической конференции агропромсоюза (Владивосток, 1991 г.); заседаниях Ученого Совета ДВГУ (Владивосток, 1989-1991 гг.); научных семинарах ДВНИГМИ (Владивосток, 1984, 1986, 1988-1991 гг.); ТСХА (Москва, 1983, 1989, 1991 гг.), Гидрометцентра СССР (1983 г.), МГУ (Москва, 1991 г.); ДальНИИГиМа (Владивосток, 1990 г.), Технического совета Приморского гидрометцентра (Владивосток, 1988-1990 гг.).

Л и ч н ы й в к л а д автора выражается в: планировании научных исследований; составлении программ и научно-технических заданий; организации экспедиции и непосредственное участие в полевых работах при проведении микроклиматических наблюдений на рисовых массивах; обработке и теоретическом обобщении результатов микроклиматических исследований; разработке методологических основ синоптико-статистического прогноза урожайности риса и культур составляющих севооборота рисового поля и его реализации; постановке и реализации задачи моделирования продуктивности севооборота в зависимости от биоклиматических ресурсов и степени хозяйственной самостоятельности; разработке методов долгосрочного прогноза (от теоретического обоснования

и формализации до создания расчетных схем, апробации и внедрения в практику оперативного обслуживания сельского хозяйства) элементов погоды, предусмотренных блок-схемой метеорологического обеспечения рисоводства; в обосновании и расчете комплексного показателя циркумполярного вихря и др.

В работах, вошедших в диссертацию и выполненных в соавторстве [I29, I62-I65, I68, I73-I74, 226, 229-233], личный вклад автора состоит в следующем. В [I29] автор принял участие в сборе и анализе материала, написание статьи, в [I62] - идея работы, научное руководство, сбор, анализ материала, интерпретация результатов, написание статьи; в [I63] - идея работы, высказанная на основе результатов, полученных автором в [I54-I59, I61], анализ, участие в интерпретации результатов, написание статьи; в [I64] - самостоятельно выполнена вторая часть монографии, сбор, анализ данных об ущербе понесенном потребителем при его ориентации в хозяйственной деятельности на неоправдавшиеся прогнозы риска и перестраховки, интерпретация результатов, формулировка выводов, написание текста монографии и учебного пособия [I76] ; в [I65] - идея комплексного использования различных видов метеорологической информации, научное руководство, полученные лично автором рекомендации, вошедшие в [I76], формулировка выводов, написание статьи; в [I68] - идея об одном из возможных путей повышения качества долгосрочного прогнозирования погоды, научное руководство, анализ материала, интерпретация результатов, написание статьи и методических указаний [I74] ; в [I73] - участие в сборе и анализе материала, полученные ранее лично автором результаты, опублико-

ванные в [160, 167, 232] , написание статьи; в [226] - участие в подготовке и проведении экспедиционных работ, сборе, обработке и частично анализе результатов микроклиматических наблюдений; в [229-230] - участие в экспедиционных работах, сборе, обработке и анализе результатов, формулировке выводов, написание статьи; в [231] - идея разработки синоптико-статистического метода прогноза урожайности риса до сева на Дальнем Востоке, написание статьи; в [232] - введение, главы I,3 и заключение монографии подготовлены автором совместно с Ю.И. Чирковым, остальные главы (2, 4-6) выполнены лично автором; в [233]- участие в анализе материалов наблюдений, интерпретации данных и написании статьи.

Основные научные результаты, рекомендации и выводы, изложенные в работе, принадлежат автору.

Тема диссертации разрабатывалась в 1979-1991 годах на кафедре метеорологии ДВГУ как разделы проблем: "Особенности погоды и циркуляции дальневосточных районов и прилегающих морей" (номер государственной регистрации 77028304) и "Комплексные исследования погодно-климатических условий Дальнего Востока, определяющих деятельность различных отраслей народного хозяйства" (номер государственной регистрации 01.87.0079605).

Помимо исследований об использовании ресурсов климата и погоды в рисоводстве, автором был выполнен ряд хозяйственных работ или их разделов, посвященных изучению погодно-климатических особенностей Дальнего Востока и проблем гидрометеорологического обеспечения важнейших отраслей народного хозяйства: энергетики [129] и морского флота [64 ,

165 176] .

Например, при выполнении соответствующего раздела темы: "Исследование климатических особенностей, определяющих работу высоковольтных линий и энергетических сооружений на Сахалине" (№ ОI.830048182) были исследованы линейные тренды и климатические флуктуации в ходе средних месячных температур воздуха по 8 гидрометеорологическим станциям Сахалина за период с 1881 по 1985 гг. Проведено обоснование для пересмотра климатических норм (ГОСТов) при проектировании и эксплуатации линий электропередачи и энергосооружений на Сахалине.

В соответствии с целью и задачами исследования структура работы представлена тремя логически связанными блоками. Первый представляют главы 1-3, где рассматриваются теоретические и прикладные вопросы использования метеорологической информации при выборе оптимальных решений в сельскохозяйственном производстве на различных уровнях. Осуществляется постановка задачи и разрабатываются блок-схемы моделирования продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве в зависимости от биоклиматических ресурсов и степени хозяйственной самостоятельности. Исследуется пространственно-временная изменчивость и оценка вклада составляющих урожайности риса в северных районах рисосеяния страны.

Второй блок - главы 4-7, посвящен изучению и разработке методов оценки влияния климата и аномалий погоды на урожайность риса и культур составляющих его севооборота. Изложены методологические основы синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева, разработана,

эмпирическая модель квазидвухлетней цикличности урожайности и аномалий погоды на юге Дальнего Востока, разработанный комплексный синоптико-климатический метод долгосрочного прогноза погоды.

Главы 8 и 9 составляют третий блок, в котором рассмотрены методы и приемы выбора оптимальных стратегий потребителя в рисоводстве на основе метеорологической информации. Реализованы принципы перспективного в агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства научного направления на стыке климатологии, синоптической метеорологии, агрометеорологии, долгосрочных прогнозов погоды — моделирования продуктивности севооборота в специализированном хозяйстве.

Основную помощь в сборе материала, подготовке и приведении экспедиционных работ на рисовых массивах оказали доценты кафедры метеорологии М.Ф. Миргеева, Л.С. Чернышева, С.И. Ларенцева, сотрудники кафедры Н.К. Рябова, Л.Б. Кузнецова. Техническую подготовку рукописи помогла провести инженер кафедры И.П. Косова.

Отдельные вопросы диссертации обсуждались с Ю.И. Чирковым, Л.С. Чернышевой, А.Н. Полевым, В.Д. Вишневской, В.А. Аракчеевой, Д.А. Педем, В.Н. Забелиным, Л.А. Хандожко, Г.В. Свинуховым, Г.И. Анжиной, Е.В. Карасевым, Г.А. Галкиным, Ф.А. Муминовым и др.

Всем товарищам, оказавшим поддержку в работе, автор выражает искреннюю благодарность.

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время, в период перестройки хозяйственного механизма страны, в целом, и сельскохозяйственного производства, в особенности, весьма актуальной является проблема совершенствования системы управления производством, важная задача которой заключается в выборе оптимальных хозяйственных решений, направленных на получение максимально возможной прибыли при заданном критерии оптимальности или минимальных убытков. Непредотвратимые убытки по метеорологическим причинам в сельском хозяйстве больше, чем в какой-либо другой отрасли народного хозяйства. Уменьшить долю ущерба по этой причине можно путем более эффективного метеорологического обеспечения.

Основными задачами метеорологического обеспечения является учет влияния метеорологических условий и режимных характеристик на сельское хозяйство, оценка полезности метеорологической информации и разработка методов наиболее рационального ее использования [33, 42, 52, 217].

Различают нормативную и оперативную формы метеорологического обеспечения. Нормативное метеорологическое обеспечение заключается в определении и внедрении в практику климатической информации самого различного назначения. Оперативное метеорологическое обеспечение представляет собой совокупность работ, направленных на повседневное обеспечение потребителя метеорологическими сведениями и, прежде всего,

прогнозами погоды, урожайности.

Некоторые проблемы использования климатической информации в современном промышленном и сельскохозяйственном производстве рассматриваются Д. Филлипсом в [288], где показано, что недостаточный или неточный учет климатических факторов может приводить к потерям десятков млн. долларов. Предлагается рассматривать климатическую информацию как специфический товар, обладающий определенным и весьма широким рынком сбыта.

Использование климатической (режимной) и прогностической (оперативной) метеорологической информации позволяет ее потребителю принять хозяйственные решения различного "временного" уровня. Классификация уровней принятия решений приведена С.В. Нерпиным и Е.Е. Жуковским в [133], где авторы выделяют три уровня принятия хозяйственных решений.

В то же время, зарубежные исследователи [243, 261, 288, 303] выделяют не три, а четыре, пять уровней принятия хозяйственных решений, что, по-видимому, зависит от конкретного потребителя метеорологической информации, структуры отрасли, а также определяется практическими возможностями служб погоды.

При принятии решений в сельском хозяйстве на современном этапе, на наш взгляд, можно выделить шесть уровней:

- решения о развитии той или иной отрасли сельского хозяйства, либо о создании новых отраслей или направлений; выделение материальных средств для реализации этих решений; расчет планируемой прибыли в целом по стране;

- решения о возведении конкретных объектов в тех или иных регионах; планирование размещения и очередности возве-

дения объектов; внедрение новой отрасли или объекта в систему существующих регионально-экономических связей;

- решения о структуре севооборотов в конкретных хозяйствах в зависимости от биологических особенностей возделываемой культуры и мезо- и микроклиматических особенностей сельскохозяйственных угодий; планирование внутрихозяйственных цен в зависимости от микроклиматических и почвенных различий;

- выбор сорта; сроков сева; нормы высева семян; корректировка севооборотов в зависимости от прогнозируемых погодных условий предстоящего вегетационного периода; совершенствование структуры посевных площадей с целью получения максимально возможного в данном году урожая либо его минимального уровня; планирование агротехнических мероприятий, ориентированных на снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции;

- корректировка запланированных агротехнических мероприятий в зависимости от конкретно складывающихся погодных условий; применение экономически и экологически обоснованных средств защиты при возникновении угрозы осуществления опасных либо стихийных метеорологических явлений; адаптация агросистемы к некоторым оптимальным или эталонным состояниям системы: почва - растение - воздух при помощи воздействия на микроклимат поля;

- подведение итогов хозяйственной деятельности в зависимости от сложившихся условий погоды прошедшего вегетационного периода; экономический анализ принятых и осуществленных хозяйственных решений; выработка и уточнение рекомендаций по использованию оперативной метеорологической информации.

На первых трех уровнях решения принимаются на основе

климатической информации. Решения четвертого уровня могут быть приняты на основе долгосрочных прогнозов погоды и урожайности сельскохозяйственных культур, составленных до сева. Решения пятого уровня могут быть осуществлены на основе долгосрочных и краткосрочных прогнозов погоды, составленных после сева, и данных о фактической погоде.

Применительно к сельскохозяйственному производству и, в частности, рисосеянию, предлагается следующая схема использования климатической и прогностической информации при принятии хозяйственных решений различного уровня. Она состоит из трех блоков: блока климатической информации (рис. I.1), блока долгосрочных прогнозов погоды и урожая, составленных до сева культуры (рис. I.2), блока долгосрочных и краткосрочных прогнозов, составленных после сева культуры (рис. I.3).

I.1. Использование климатической информации при принятии хозяйственных решений в сельском хозяйстве

В первом блоке выделяем четыре основных направления в использовании климатической информации при принятии хозяйственных решений: динамико-статистические оценки климата; прогноз климатических изменений; социально-экономические аспекты климатической изменчивости; выбор климатически оптимальных стратегий. Каждое из этих направлений имеет сложную структуру, предполагает наличие глубоких и всесторонних исследований.

Так, в рамках первого направления сосредоточены основные режимные материалы, на основе которых составляются климатические справочники, СНиПы, ГОСТы [4, 102, 139, 220,

ПЕРВЫЙ БЛОК

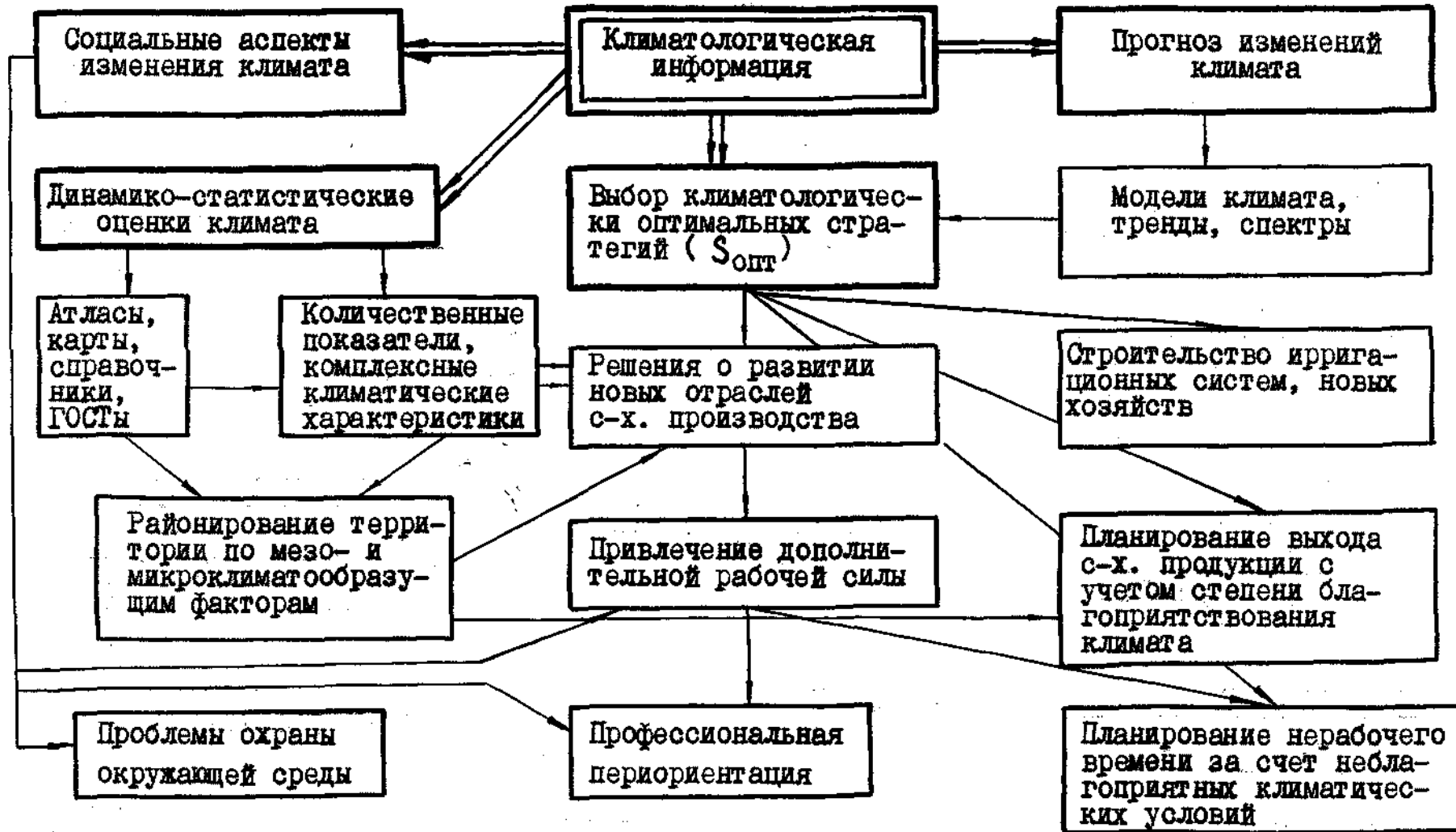


Рис. I.I. Схема основных направлений использования климатологической информации при реализации народно-хозяйственных задач (на примере сельскохозяйственного производства).

ВТОРОЙ БЛОК

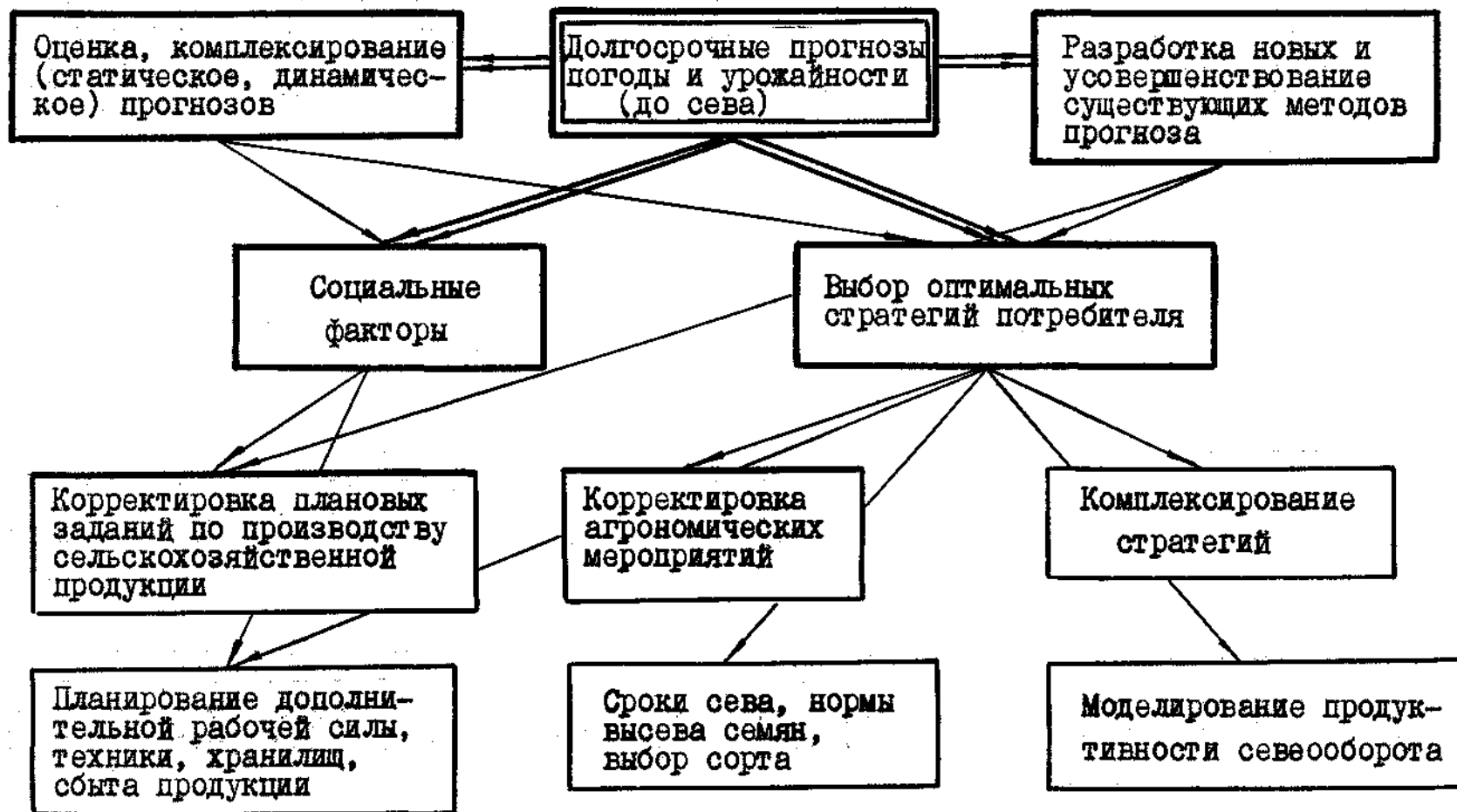


Рис. 1.2. Схема основных направлений использования долгосрочной прогностической информации, составленной до сева

ТРЕТИЙ БЛОК

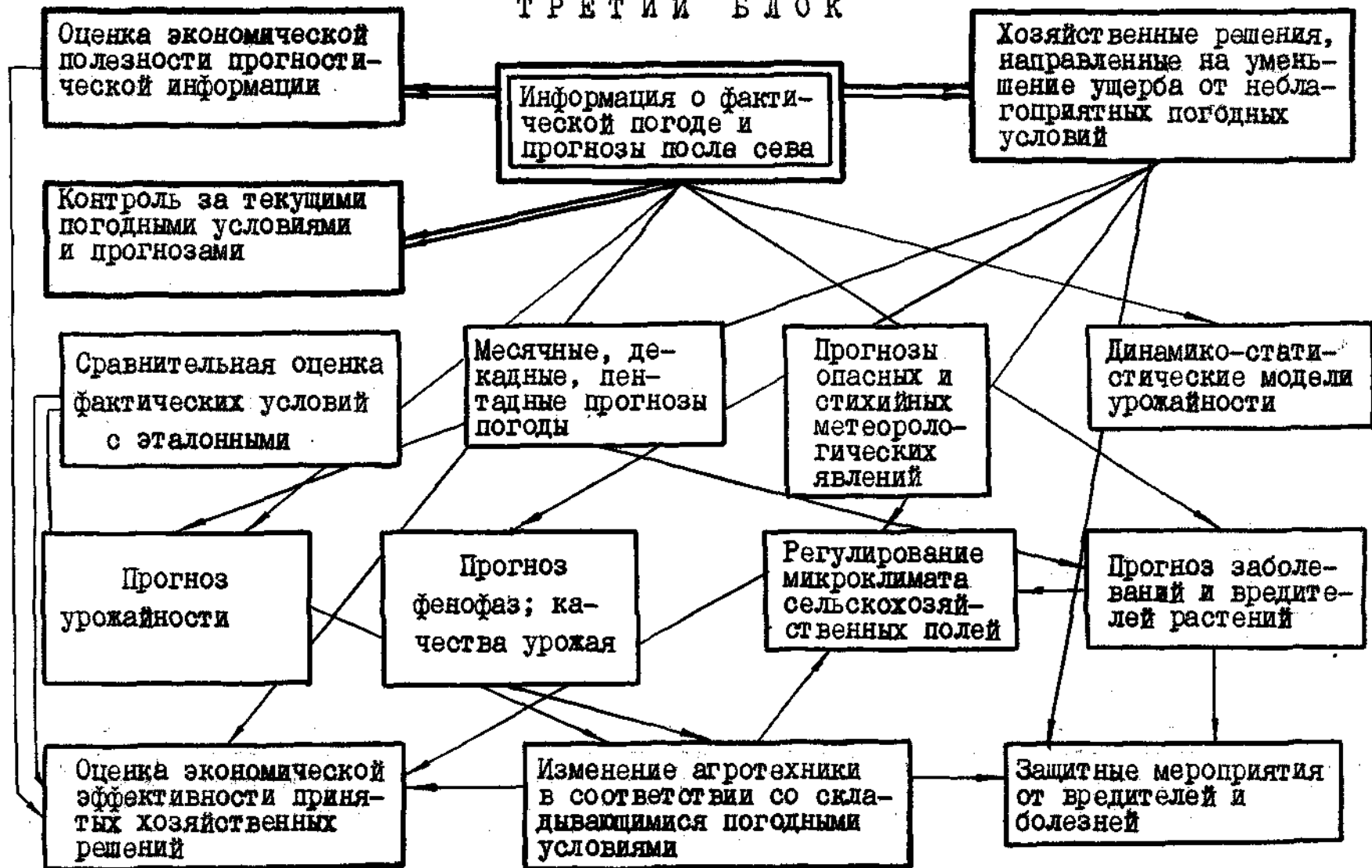


Рис. 1.3. Схема использования прогностической и фактической метеорологической информации, получаемой потребителем после сева

222] . По форме представления материала это могут быть таблицы, законы распределения метеорологических величин, карты макро-, мезо- и микромасштабов, атласы и др. [10, 28, 58, 102, 109, 237] .

Одной из важнейших для сельскохозяйственного производства является задача оптимального размещения сельскохозяйственных культур [70] . До недавнего времени информация о климате и его ожидаемых изменениях при агроклиматическом обосновании рационального размещения культур, учитывалась только в виде агроклиматических показателей. При таком подходе решается лишь вопрос о принципиальной возможности возделывания в конкретном регионе определенного набора культур. Хозяйственные планы на производство сельскохозяйственной продукции в этом случае ориентированы на среднее состояние системы "погода - урожай" и не учитывают возможных ее изменений. Такие планы будут являться некорректными, как в годы с благоприятными, так и с неблагоприятными, погодными условиями. Упомянутый подход к решению этой проблемы предлагается В.А. Жуковым [72, 73] и М.И. Черниковой [222] .

Важное практическое значение имеет выбор климатически оптимальной стратегии потребителя, которая заключается в проведении определенных хозяйственных мероприятий, направленных на получение максимально возможной прибыли или минимальных убытков. Совокупность таких мероприятий образует комплекс управляющих воздействий. Выбор той или иной альтернативы осуществляется в соответствии с определенным правилом - стратегией потребителя на основе имеющейся в его распоряжении метеорологической информации. Стратегия $S_{кл}$ называется климатической, если при ее использовании выбор кон-

кретной хозяйственной альтернативы осуществляется однократно. Климатически оптимальной ($S_{\text{опт}}$) является такая стратегия, при которой предписываемое ею хозяйственное решение обеспечивает достижение экстремума выбранного критерия качества или максимальной прибыли [75].

Отыскание климатически оптимальных стратегий применительно к различным отраслям народного хозяйства или различным хозяйственным ситуациям и оценка их экономической эффективности возможны на основе анализа метеоролого-экономических моделей двух типов: дискретных и непрерывных. Алгоритм отыскания $S_{\text{опт}}$ достаточно подробно описан в работах [19, 75].

Для определения климатически оптимальной стратегии по дискретной модели необходимо построить матрицу полезности (табл. I.I), элементы которой $u_{ij} = u(F_i, d_j)$ ($i = 1, m$; $j = 1, n$) характеризуют доходы или потери, потребителя, отвечающие всевозможным парам (F_i, d_j) .

Таблица I.I

Матрица полезности размерности

$$m = n = 2$$

| F_i | d_j | |
|-------|----------|----------|
| | d_1 | d_2 |
| F_1 | u_{11} | u_{12} |
| F_2 | u_{21} | u_{22} |

F_i - возможные состояния погоды, m - число состояний погоды, d_j - хозяйственные решения, n - число хозяйственных решений, u_{ij} - элементы матрицы полезности.

Кроме матрицы полезности должны быть известны природ-

ные повторяемости состояния погоды $P(\mathcal{F}_i)$. Определение этих величин является предметом климатологических исследований и осуществляется в рамках первого, выделенного нами, направления использования климатической информации.

Затем определяются средние (в статистическом смысле) доходы или потери $U_{\kappa\lambda}$, отвечающие выбранной стратегии по формуле:

$$U_{\kappa\lambda j} = \sum_{i=1}^m u(\mathcal{F}_i, d_j) P(\mathcal{F}_i). \quad (I.1)$$

Процедура отыскания климатически оптимальной стратегии $S_{\text{опт}}$ заключается в вычислении величин $U_{\kappa\lambda j}$ для всех $j=1, n$ и нахождения среди них максимума, если u_{ij} имеют смысл доходов, или минимума, если u_{ij} — потери.

При отыскании климатически оптимальной стратегии по непрерывным моделям исходят из предположения, что на производственную деятельность потребителя влияет некоторый непрерывный элемент X , а хозяйственные решения сводятся к разработке мероприятий, рассчитанных на реализацию определенного значения $x = a$. Климатический оптимум $S_{\text{опт}}$ рассчитывается по формуле

$$a_{\text{опт}} = \bar{x} + t_0 \sigma, \quad (I.2)$$

где \bar{x} — среднее многолетнее значение влияющего метеорологического элемента или его климатическая норма, σ — среднее квадратическое отклонение; t_0 — параметр сдвига, который определяется по табличному интегралу вероятности, с учетом неравноценности потерь или прибыли у данного потребителя в результате воздействия метеорологического элемента X .

С помощью указанных подходов, применительно к сельскому хозяйству, можно определить климатически оптимальные сро-

ки сева, нормы высева семян, осуществить районирование стратегий, определить целесообразность некоторого компромиссного решения и т.д.

Следующим важным направлением использования климатической информации в народном хозяйстве и сельскохозяйственном производстве, особенно на современном этапе, является учет возможных изменений климата и оценка их воздействия на хозяйственную деятельность [37, 89, 123, 144, 178, 285, 286, 289, 291, 302, 305] .

В настоящее время выполнено большое количество исследований, посвященных изучению изменений климата [25, 30, 31, 34, 48, 50, 54, 56, 61, 103, 104, 117, 178, 186, 196, 241, 255, 260] . Принято полагать, что глобальные изменения климата можно рассматривать как совокупность детерминированных, происходящих под влиянием внешних, по отношению к климатической системе, факторов и случайных изменений, которые являются следствием неустойчивости самой климатической системы. Существенная часть пространственно-временной изменчивости климатических параметров относится к области глобальных климатических изменений, имеющих масштаб пространственных возмущений, соизмеримых с размерами полушарий и период временных флуктуаций, превышающих 5-10 лет [54] . Причины, приводящие к современным изменениям климата, носят естественный и антропогенный характер [1, 48, 50, 56, 87, 103, 104, 186, 189, 221, 245, 246, 247, 250, 268, 315] .

Следует отметить, что вопрос об изменении климата привлекает все возрастающее внимание как ученых всех стран, так и потребителей климатической информации. Это вызвано тем, что по мере увеличения масштабов хозяйственной деятельности зависимость различных отраслей народного хозяйства и осо-

бенно сельскохозяйственного производства, от меняющихся климатических условий не падает, а растет, причем растет вместе с ростом общественного производства [37, 74, 89 и др.]

Заметное изменение климата потребует больших капиталовложений, чтобы обеспечить приспособление хозяйственной деятельности к новым климатическим условиям. "... Иной климат — это и иное размещение сельскохозяйственных культур, промышленных предприятий, городов, селений, т.е. всего жизненного уклада ..." — Г.Г. Голицын [50].

Поэтому важную роль при планировании народно-хозяйственных мероприятий на длительные сроки играет прогноз возможных климатических изменений в будущем. При прогнозе климата используют несколько подходов: принимают для оценок климатических параметров и их возможной изменчивости средние многолетние статистические характеристики, выявляют и экстраполируют на перспективу тренды, определяют скрытые периодичности методом спектрального анализа, разрабатывают теоретические модели климата и реализуют по ним численные эксперименты, используют экспертные оценки при разработке сценария возможных изменений климата [5, 6, 7, 25, 30, 34, 64, 87, 117, 127, 129, 189, 195, 219, 243, 263, 307].

Как показало большинство проведенных советскими и зарубежными учеными исследований [31, 287, 307, 309], в ближайшие десятилетия следует ожидать повышение глобальной температуры воздуха на 1°С и более. Однако имеющиеся модели не дают надежной оценки региональных изменений климата. Наиболее вероятно увеличение засушливости в зернопроизводящих районах, потепление и увеличение осадков в высоких широтах, сокращение морских льдов, повышение уровня Мирового океана.

В то же время следует отметить, что в [56] на фактическом материале установлена неоднозначная связь между потеплением и изменениями среднего количества атмосферных осадков. Так, например, потепление вызывает уменьшение осадков во всех сезонах года в Полесье и рост осадков в южных районах США. В то же время для районов, расположенных в различных полушариях: Восточная Украина, Дон, Северный Кавказ и зерновые районы США и Канады - характерно увеличение осадков в холодное полугодие и уменьшение в теплое полугодие при потеплении. Следовательно анализ совместного распределения пространственно-временных характеристик температуры и осадков необходимо выполнять для отдельных регионов страны или агроэкономических районов, поскольку характер зависимости между указанными характеристиками климата может быть различным.

Зависимость сельского хозяйства от колебаний климата не выражается [294, 314] однозначно. В работе [249] показано, что увеличение CO_2 (углекислого газа) приведет в Мексике к существенному уменьшению площадей, пригодных для выращивания пшеницы, а в то же время в Канаде - к увеличению площадей под пшеницей. По предварительным оценкам по американскому континенту увеличение CO_2 в два раза вызовет в среднем прирост урожая на 33 %. При двукратном увеличении концентрации CO_2 на территории Японии [307] сумма активных температур воздуха будет больше 3 000 °С, средняя месячная температура июля и августа повысится на 4 °С. Более теплый климат и увеличение продолжительности сезона вегетации приведет к прибавке на 9 % чистой продуктивности по сравнению с базовым периодом 1951-1980 гг. В [247] предполагаемое потепление климата и увеличение засушливости в райо-

нах с сухим климатом рассматривается как негативный фактор, который может привести к удорожанию производства зерна для районов, расположенных близ Великих озер (США). По мнению большинства авторов, занимающихся исследованиями по оценке влияния современных и предполагаемых изменений климата на сельское хозяйство, наиболее вероятно: улучшение климатических условий для производства зерна в умеренных и высоких широтах; увеличение риска в производстве зерновых; удорожание производства сельскохозяйственной продукции в районах с сухим климатом [50, 86, 199, 227 и др.] .

Большое внимание к возможным изменениям климата уделяют не только работники производственной сферы, но и представители правительств и общественности различных стран. Конгрессе США внимательно следит за колебаниями и изменениями климата и за работами по их исследованию [282, 293, 313] . Поскольку изменения климата могут привести к нежелательным скачкам рыночной конъюнктуры из-за перебоев в производстве продовольствия. Кроме того, предполагается, что будущие изменения климата могут повлиять и на политические отношения между странами, которые необходимо учитывать уже на современном этапе.

Велики и социальные аспекты влияния изменений климата на хозяйственную деятельность. В первую очередь это вопросы о привлечении дополнительной рабочей силы при принятии решений о строительстве и, в последующем, эксплуатации новых крупных сельскохозяйственных объектов. Эта проблема является особенно острой для дальневосточных районов. Частично она решается с помощью переселения жителей Европейской территории Советского Союза на Дальний Восток. В не-

которых случаях резкая смена климатических условий является причиной возвращения переселенцев на прежние места жительства, что наносит как материальный, так и моральный урон. Другой не менее важной проблемой является подготовка учебными заведениями специалистов новых для них профилей. Например, расширение зоны рисосеяния Приморского края потребовало подготовки специалистов агрономов-рисоводов, гидромелиораторов.

В работах [246, 283, 290, 299, 300, 304, 306] отмечается развитие более сознательного подхода потребителя к гидрометеорологической информации. В частности, в [311] полагают, что цены на землю, страховые тарифы, запасы продовольствия и другие рыночные механизмы регулируют короткопериодные экономические сбои, возникающие в ответ на климатические изменения, по мере того, как их эффекты становятся очевидными для вкладчиков. Решения, связанные с большими индустриальными проектами, гидрологией (ирригация, плотины), развитием сельского хозяйства, должны тщательно учитывать климатические эффекты.

Следующим не менее важным направлением использования климатической информации является учет погодных условий при решении вопросов планирования выпуска сельскохозяйственной продукции и материального стимулирования труда в земледелии [7, 39, 52, 84, 85, 120]. В климатических районах с более благоприятными погодными условиями затраты труда на производство единицы продукции будут несколько ниже, чем в районах с менее благоприятными условиями. С другой стороны, справедливо, что внутри одного и того же климатического района погодные условия корректируют производительность труда в каждом конкретном году и приводят к различным результатам

при одних и тех же затратах труда [85] . Как правило, действующие ныне положения о материальном стимулировании труда земледельца исходят из конечных результатов, без учета метеорологических особенностей конкретного года.

Необходимо выделить и такое направление агрономии, как программирование урожаев [22, 23, 181, 202, 235, 236 и др.] . Это расчет урожайности по заранее составленной программе с учетом физико-географических, экономических, почвенно-климатических и погодных условий и биологических особенностей растений, представляющих собой важный путь рационального применения на практике основных законов земледелия [52] .

Необходимость и эффективность учета агроклиматической информации для получения высоких урожаев была рассмотрена еще в начале шестидесятых годов Ю.И. Чирковым [227] . Дальнейшие исследования, выполненные в этом направлении в Советском Союзе, систематизированы и подробно изложены в книге И.С. Шатилова и А.Ф. Чудновского [236] . Отдельные вопросы использования климатической информации при расчетах программированного урожая различных сельскохозяйственных культур по отдельным регионам страны рассмотрены в [180, 201 и др.] . Расчет продукционного процесса в данном случае производится на основании климатических данных, что вносит существенные отклонения фактической урожайности от запланированной. Следовательно, корректирование программированного урожая и выбор оптимальных стратегий четвертого уровня принятия хозяйственных решений должны осуществляться с учетом долгосрочных прогнозов урожая и погоды, составленных до сева сельскохозяйственных культур.

1.2. Долгосрочные прогнозы и хозяйственные решения

Планирование мероприятий сельского хозяйства по обеспечению высокого урожая, его сбору, хранению и переработке в каждом конкретном году нуждается в специализированных долгосрочных прогнозах погоды (ДПП), которые составляются с различной заблаговременностью и служат одним из объективных показателей при решении хозяйственных задач [15, 63, 75, 238, 239]. Практическая ценность, например, прогнозов тепло- и влагообеспеченности, а также прогноза урожая возрастает по мере увеличения их заблаговременности. Важно до сева культуры оценить ее ожидаемую продуктивность и принять соответствующие решения, связанные с выбором сорта, изменением структуры посевных площадей, нормой высева семян и т.д.

Если говорить о прогнозах урожаев до сева, то в данном случае не представляется возможным использовать в качестве предикторов в прогностических схемах обычную агрометеорологическую или биометрическую информацию о состоянии посевов. Для решения этой проблемы В.М. Пасовым [147] был предложен подход, базирующийся на основных достижениях ДПП. В его основе лежит использование реально существующих связей между особенностями атмосферной циркуляции и погоды с одной стороны и урожайностью сельскохозяйственных культур, формирующихся под влиянием этой погоды, с другой стороны. Данный подход получил широкое распространение в последнее десятилетие и дал удовлетворительные, учитывая заблаговременность, результаты. С его помощью разработаны способы прогноза урожая яровой пшеницы в основных районах ее выращивания [148], картофеля на Сахалине [121], валового сбора зернобобовых и кормовых культур [111] и риса в Приморском крае [158, 159].

Кроме прогноза урожая с помощью синоптико-статистического метода предлагается прогнозировать и агротехнические мероприятия [148]. В качестве предикторов авторами использованы различные характеристики атмосферной циркуляции. Это индексы циркуляции атмосферы, температура воздуха на среднем уровне в информативных точках северного полушария, локализация осей ложбин и гребней циркумполярного вихря (ЦПВ), комплексный показатель ЦПВ, а также ледовитость морей и другие характеристики.

В отличие от долгосрочных прогнозов погоды, а чаще ее отдельных элементов, в долгосрочном прогнозировании урожая необходим учет помимо погодных условий и ряда факторов, связанных с биологическими особенностями культуры, почвенно-климатическими характеристиками района выращивания, культурой земледелия.

Поскольку долгосрочные прогнозы погоды и урожая сельскохозяйственных культур являются средством управления хозяйственной деятельностью, то для потребителя данной прогностической информации необходимо иметь оценки экономической полезности прогнозов и тех действий, которые принимаются на их основе. Методика оценки экономической полезности прогнозов по методу приведенных затрат, полезности альтернативных и многофазовых прогнозов, полного доверия прогнозам и другие вопросы экономической эффективности прогнозов подробно излагаются в [75, 217, 218].

Рассмотрим алгоритм оценки использования долгосрочного прогноза и эффективности хозяйственных решений, принимаемых на его основе. Обычно долгосрочные прогнозы выдаются потребителю в виде фазовых прогнозов. Они могут иметь ℓ формули-

ровок. С другой стороны, у потребителя прогностической информации имеется в арсенале несколько или хотя бы два действия, с помощью которых можно снизить предполагаемый ущерб при осуществлении той или иной фазы погоды, либо получить максимальный доход.

Располагая исходными данными, предлагается [75, 126, 128, 142] построить матрицы сопряженности (табл. I.2) и полезности (табл. I.3).

Таблица I.2

Матрица сопряженности (\mathcal{F}_i, Π_ℓ)

| \mathcal{F}_i | Π_ℓ | | |
|-----------------|------------|----------|----------|
| | Π_1 | Π_2 | Π_3 |
| \mathcal{F}_1 | p_{11} | p_{12} | p_{13} |
| \mathcal{F}_2 | p_{21} | p_{22} | p_{23} |
| \mathcal{F}_3 | p_{31} | p_{32} | p_{33} |

Где $\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \mathcal{F}_3$ - фазы погоды; Π_1, Π_2, Π_3 - формулировки прогноза, $p_{i\ell}$ - вероятность осуществления фазы погоды \mathcal{F}_i при формулировке прогноза Π_ℓ .

Таблица I.3

Матрица полезности (\mathcal{F}_i, d_j)

| \mathcal{F}_j | d_j | | |
|-----------------|----------|----------|----------|
| | d_1 | d_2 | d_3 |
| \mathcal{F}_1 | u_{11} | u_{12} | u_{13} |
| \mathcal{F}_2 | u_{21} | u_{22} | u_{23} |
| \mathcal{F}_3 | u_{31} | u_{32} | u_{33} |

Где \mathcal{F}_i - фазы погоды; d_j - действия потребителя, в данном случае $i = j = 1, 2, 3$.

Затем находят произведение транспонированной матрицы полезности на матрицу сопряженности. На третьем этапе из

каждого столбца матрицы произведения $\|U_{i\epsilon}\|$ выделяют максимальный и минимальный элементы. Номер строки покажет, какое из решений d_1 , d_2 или d_3 следует применять при формулировке прогноза Π_ϵ , соответствующей номеру рассматриваемого столбца. Сумма выделенных элементов определит среднюю полезность оптимальной стратегии потребителя.

Оценить экономическую полезность методического долгосрочного прогноза погоды можно с помощью показателя потенциальной экономической эффективности (ω_0), критерия λ_0 и информационного отношения \mathcal{J} .

Критерий λ_0 и показатель ω [217] рассчитываются по формулам:

$$\lambda_0 = \frac{U_0 - U_{кл}}{U_{кл}}; \quad \omega_0 = \frac{U_0 - U_{кл}}{U_n - U_{кл}}, \quad (I.3)$$

где U_0 — оптимальная стратегия потребителя, $U_{кл}$ — средняя полезность, которую имеет потребитель, ориентирующийся в хозяйственной деятельности только на климатическую информацию, U_n — средняя полезность использования идеального прогноза. Для идеального прогноза $U_0 = U_n$, $\omega_0 = 1$, $\lambda_0 = 1$, при безуспешном прогнозе $U_0 = U_{кл}$, $\omega_0 = U_{кл}$, $\omega_0 = 0$, $\lambda_0 = 0$.

Информационное отношение [218] также является одним из важнейших критериев, позволяющих оценить, в какой степени методический прогноз уменьшает безусловную (климатическую) энтропию. Рассчитывается \mathcal{J} по формуле

$$\mathcal{J} = \frac{H(\Phi) - H(\Pi)}{H(\Phi)}; \quad (I.4)$$

$$H(\Phi) = - \sum_{i=1}^n P(\Phi_i) \lg P(\Phi_i);$$

$$H(\Pi) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(\Pi_j) H\left(\frac{\Pi_j}{\Phi_i}\right),$$

где $H(\Phi)$ – безусловная или климатическая энтропия,

$H(\Pi)$ – условная или прогностическая энтропия, $P(\Phi_i)$ – вероятность осуществления i -той фазы (градации) погоды;

$P(\Pi_j)$ – вероятность формулировки прогноза данной фазы;

$H(\Pi_j/\Phi_i)$ – частная энтропия данной фазы (данного текста прогноза).

Кроме оценки экономической полезности прогнозов погоды (в том числе и долгосрочных) важным аспектом второго блока (рис. I.2) является комплексирование различных методов и способов прогнозов погоды, позволяющее повысить оправданность ДПП.

Процедура одновременного использования нескольких прогностических схем или методов получила название комплексирования прогнозов [12, 14, 24, 26, 29, 40, 76, 82, 188 и др.] .

Первые исследования по данному вопросу появились еще в начале шестидесятых годов и получили дальнейшее развитие в последнее десятилетие [14, 24, 26] .

В оперативной практике шестидесятых годов использовался неоправдавший себя способ комплексирования прогнозов с помощью построения среднего прогноза из нескольких. Б.П. Борисенковым [24] рассмотрены некоторые общие принципы и статистические методы оптимизации, в смысле оптимального комплексирования, нескольких прогнозов в линейной и нелинейной постановках задачи. В случае линейной независимости предсказателей комплексирование нескольких статисти-

ческих прогнозов оптимальным образом в смысле наименьшей ошибки равносильно построению новой статистической схемы прогноза, в которую должны быть включены все предсказатели. В данном случае необходимо отметить, что способ комплексирования прогнозов, который предполагает построение новой статистической схемы прогноза, включающей в себя все предикторы не всегда приемлем, особенно в долгосрочном прогнозировании. Одна из причин этого заключается в необходимости строгого выполнения соотношения между числом предикторов и объемом выборки [13, 31, 69, 213] .

Н. А. Багров [14] предложил при наличии нескольких методов прогноза одного и того же явления принимать окончательное решение или итоговый прогноз методом "большинства голосов", похожим на приемы принятия решений на основе экспертных оценок. Показано, что при наличии трех прогнозов с оправдываемостью $P_1 = P_2 = P_3 = 0,67$ и отрицательной корреляцией между ними, равной 0,5, можно получить прогноз методом "большинства голосов" с обеспеченностью в 100 %. Однако, как утверждает сам автор, указанный метод не является оптимальным методом использования некоторого состава прогнозов, но он может быть применен на практике и при определенных условиях с его помощью можно несколько повысить оправдываемость и самого сильного метода из состава объединяемых прогнозов.

Для составления и уточнения месячных прогнозов погоды по территории Дальнего Востока и Восточной Сибири Г. В. Свиноуховым был разработан единый комплексный синоптико-статистический метод прогноза. Он включает в себя новые правила ритмичности реперных тайфунов и южных циклонов с ритмами

30, 45, 60 и 75 дней, а также синоптико-климатические связи и синоптико-статистический прогноз метеорологических полей и элементов на месяц и 3-10 дней [197].

Таким образом, способы комплексирования прогнозов отмечаются многообразием и определяются особенностями разрабатываемого комплексного метода прогноза погоды. Проведенные нами исследования, кратко изложенные в IV и V главах, позволили разработать правила динамического и статистического комплексирования прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур и некоторых элементов погоды.

Теория хозяйственного использования прогнозов погоды в сельском хозяйстве рассматривается в работах отечественных [40, 41, 63, 75, 77, 238] и зарубежных исследователей [244, 253, 266, 286, 302, 304]. Практические приемы использования ДШ при выборе оптимальных хозяйственных решений рассмотрены в [42, 71, 75, 132, 134, 139, 198, 202, 214, 218, 299, 302].

Применительно к рисоводству эти вопросы рассмотрены автором в [156, 171, 232].

1.3. Адаптация системы управления хозяйственной деятельности по прогнозам погоды, составленным после сева, и фактической метеорологической информации

После принятия конкретного решения третьего и четвертого уровней принятия хозяйственных решений, выбор хозяйственных действий, направленных на получение максимальных урожаев или прибыли, возможен на основе долгосрочных, сос-

тавленных после сева культуры, краткосрочных прогнозов погоды, или на основе фактической погоды. В зависимости от заблаговременности и времени действия, это могут быть следующие виды прогнозов: месячные, пентадные, суточные, прогнозы опасных и стихийных метеорологических явлений, —————

а также прогнозы урожайности (динамические модели) и прогнозы фаз (рис. 1.3).

В настоящее время существует большое число самых различных методов и способов прогноза отдельных метеорологических величин [193, 194], их комплексных характеристик [96], урожайности и качества сельскохозяйственных культур [2, 78, 80, 83, III, II6, 138, 140, 192, 200, 208 и др.]. Эти прогнозы отличаются по заблаговременности, оправданности, району и времени действия и составляются, как правило, в категорической форме. В данном случае наблюдается парадоксальная проблема: с одной стороны, огромное число всевозможных прогнозов, а с другой стороны — практически полное отсутствие специальных разработок или методических пособий для потребителя этой информации о том, каким образом их использовать. Поэтому повышение эффективности использования метеорологической информации является весьма актуальной проблемой, на решении которой должны быть сосредоточены основные усилия гидрометеорологической науки в предстоящие десятилетия [52, 89, 139, 198].

По мнению авторов [39] около пятой части средних ежегодных потерь от неблагоприятных погодных условий может быть предотвращено путем оптимального использования потребителем метеорологических прогнозов, причем без существен-

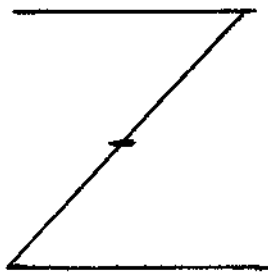
ного повышения информативности и заблаговременности последних. Этими же авторами предлагается считать перспективной такую организацию метеорологического обеспечения, при которой все необходимые характеристики распределения прогнозируемых величин учитывались бы самим прогнозистом, а потребителям сообщались бы категорические прогнозы, оптимальной стратегией использования которых была бы стратегия полного доверия. Такие прогнозы предлагается назвать категорически-вероятностными. Прогнозист, исходя из требований потребителя к комплексу задач метеорологического обеспечения, а также неметеорологических ограничений на решении задачи, по состоянию атмосферы определяет и выдает потребителю рекомендации типа: "Рекомендую решать такую-то задачу". На наш взгляд, такая схема метеорологического обеспечения народного хозяйства и, в частности сельского хозяйства, не приемлема потому, что, во-первых, решения принимает метеоролог-прогнозист, а отвечать за конечный результат принятия этих решений, по-видимому, будет производитель, что существенно снизит ответственность как первого, так и второго. Такой вариант обслуживания возможен только в том случае, если прогнозист является штатным сотрудником обслуживаемой организации и несет материальную и (или) моральную ответственность за рекомендуемые решения. Такая схема обслуживания по своей сути напоминает административно-хозяйственную систему, которая показала свою несостоятельность. Во-вторых, это невозможно при существующей в настоящее время структуре гидрометцентров, так как это значительно увеличит нагрузку на оперативного синоптика или потребует дополнительных штатных единиц.

Наиболее возможной в настоящее время схемой обеспечения метеорологической информацией, которая не потребует существенного вложения дополнительных затрат, будет следующая: (рис. I.4).

Наиболее слабым звеном этой схемы, как мы уже сказали, является оценка системы "потери-выгода", прогноз "хозяйственных действий" или рекомендации по оптимальному использованию прогноза. Исследования, посвященные практической реализации этих задач в настоящее время малочисленны. Теоретический подход к решению этой проблемы разработан в работах отечественных и зарубежных авторов [75, 76, 217, 218 и др.].

Хозяйственные решения в данном случае возможно принять на основе анализа матрицы сопряженности (табл. I.2) и матрицы полезности или потерь (табл. I.3). Поскольку для агрометеорологических задач построить матрицу сопряженности (F_i, P_i), где F_i - фазы погоды, а P_i - урожай, до уборки последнего невозможно, то, по-видимому, в данном случае можно строить матрицы, где учитывается качественное состояние сельскохозяйственных культур в зависимости от осуществления той или иной фазы погоды.

Пример такой матрицы приведен в табл. I.4.



Физический смысл величины F_i и ее количественные критерии могут быть весьма различными: заморозки, длительные бездождевые периоды, периоды с избыточным увлажнением,

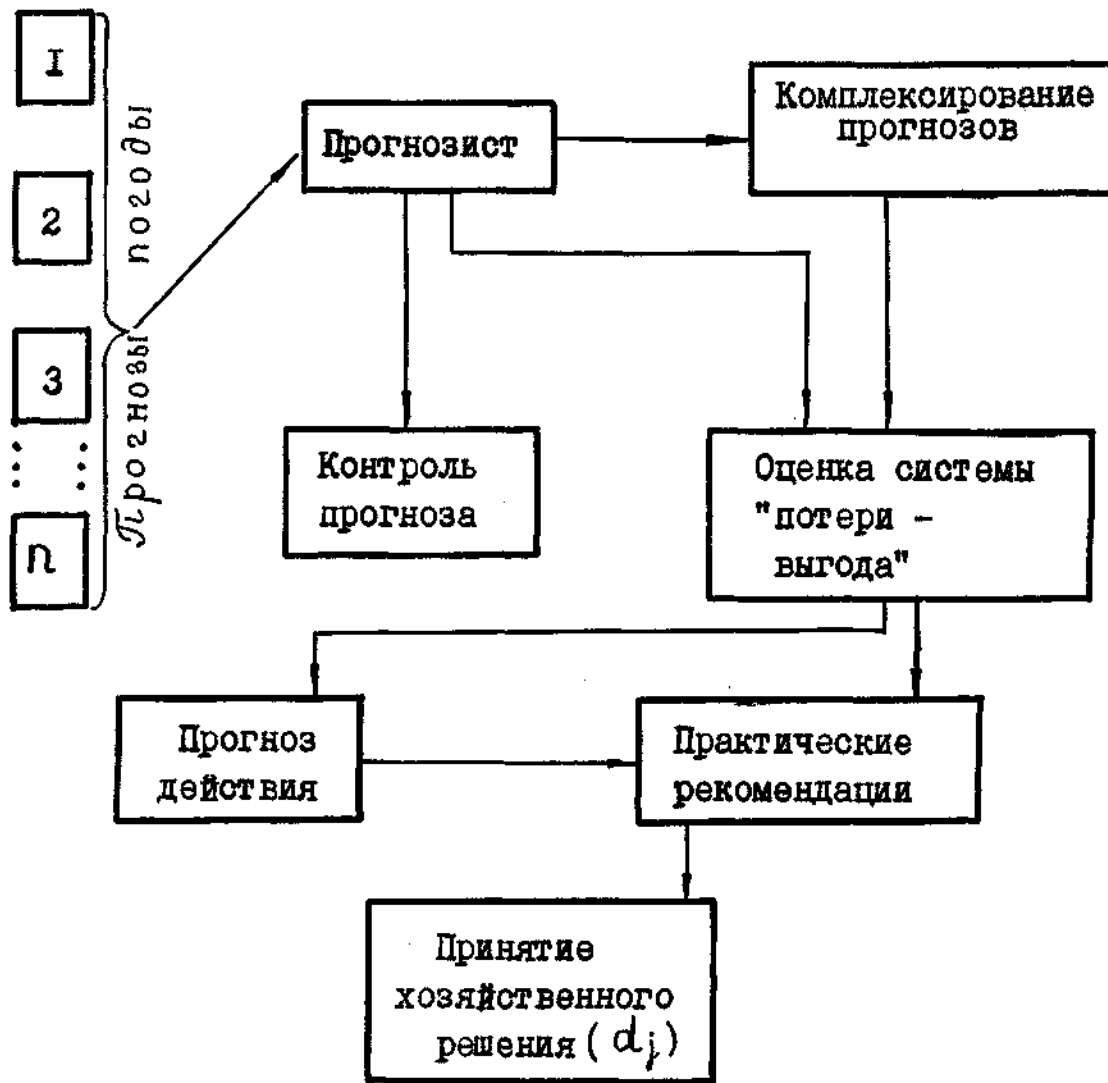


Рис. 1.4. Общая схема обеспечения потребителя прогностической метеорологической информацией

Таблица I.4

Матрица сопряженности состояний погоды F_i
и возможных текстов P_s

| F_i | P_s | | | $\sum F_i$ |
|------------|----------|----------|----------|------------|
| | P_1 | P_2 | P_3 | |
| F_1 | n_{11} | n_{12} | n_{13} | n_{10} |
| F_2 | n_{21} | n_{22} | n_{23} | n_{20} |
| F_3 | n_{31} | n_{32} | n_{33} | n_{30} |
| $\sum P_s$ | n_{01} | n_{02} | n_{03} | N |

где n_{10} - фактическое осуществление благоприятной для растения фазы погоды или градации,
 n_{20} - осуществление градации в пределах средних многолетних значений,
 n_{30} - осуществление неблагоприятной фазы погоды,
 P_s - прогноз состояний растений,
 P_1 - прогноз "хорошее" состояние,
 P_2 - "удовлетворительное" состояние,
 P_3 - "неудовлетворительное" или "плохое" состояние,
 n_{i3} - элементы матрицы,
 N - общее число прогнозов,
 $n_{i3}(i=3)$ - число случаев оправдавшихся прогнозов,
 $n_{i3}(i \neq 3)$ - число случаев неоправдавшихся прогнозов.

комплекс метеорологических величин, благоприятных для развития болезней или вредителей растений, очень сильный дождь, вызванный тайфуном или глубоким циклоном и другие опасные и стихийные гидрометеорологические явления.

Соответственно и действия, которые могут быть приняты потребителем: весьма разнообразны; орошать – не орошать; вносить определенные дозы удобрения или не вносить; применять меры по защите от вредителей или не применять; снижать или поднимать уровень затопления и т.д.

Элементами матрицы потерь или полезности могут быть показатели микроклимата рисового поля, характеризующие ущерб или прибыль, оцениваемые в определенных единицах стоимости, а также затраты на защитные мероприятия.

В [218] схемы "затраты-ущерб" предлагается представлять с помощью квадратной матрицы (табл. I.5).

Таблица I.5

Матрица потерь, описывающая альтернативную схему "затраты-ущерб"

| F_i | d_j | |
|-------|-------|-------|
| | d_1 | d_2 |
| F_1 | c | L |
| F_2 | c | 0 |

где F_i – элементы погоды,
 d_j – действия,
 c – стоимость защитных мероприятий
 L – ущерб потребителя.

Защитные мероприятия имеют смысл только в тех случаях, когда их стоимость ниже возможного ущерба от неблагоприят-

ных погодных условий. Поэтому в данной альтернативной схеме всегда должно выполняться условие

$$0 < c < k \quad \text{или} \quad 0 < c/k < 1$$

Данные экономические соотношения не принимаются во внимание только в случае приведения аварийных или спасательных работ. Ситуации и их анализ при использовании альтернативных и многофазовых прогнозов в метеоролого-экономических системах с альтернативным и компромиссным решениями рассмотрены в [175].

В настоящее время гидрометслужба страны переходит на обслуживание потребителей метеорологической информации на договорной основе. Себестоимость гидрометеорологической продукции в ценах 1989 г. приведена в [187].

Себестоимость краткосрочных прогнозов составляет в среднем 20-25 руб., фенологических прогнозов - от 180 до 270 руб., прогнозов урожайности - от 290 до 320 руб. Для определения цены на метеорологическую информацию (МИ) и продукцию (МП) необходимо учитывать инфляцию, рост заработной платы сотрудников службы погоды, районные коэффициенты (на Дальнем Востоке коэффициент - 1,5), а также ввести коэффициент на рентабельность. Кроме того, цена на МИ и МП может быть и договорной. Поскольку затраты на оплату МИ вызывают, в свою очередь, увеличение себестоимости производства сельскохозяйственной продукции, то в настоящее время происходит массовый отказ потребителей от МИ, основная причина которого объясняется низким с точки зрения потребителя, качеством (т.е. недостаточной заблаговременностью и низкой оправдываемостью прогнозов).

На наш взгляд, такие объяснения не всегда правомерны и обоснованы. В этом случае особую актуальность приобретают

исследования по оценке экономической полезности метеорологических и агрометеорологических прогнозов погоды. Такие исследования должны быть выполнены не только для каждого потребителя МИ, но и для отдельных видов работ или агротехнических приемов, если их успешное осуществление зависит от отдельных явлений погоды.

Методика оценки краткосрочных метеорологических прогнозов приведена в работах [75, 131, 217, 218, 164, 167, 176].

На первом этапе осуществляется оценка оправданности прогноза влияющего метеорологического элемента в соответствии с Наставлениями по службе прогнозов погоды. На втором — составляется матрица сопряженности (табл. 1.2). Следует отметить, что прогнозы Π_{12} получили название — ошибки-промахи или ошибки-риска, а Π_{21} — ошибки-перестраховки. Аналогичные матрицы составляются для стандартных прогнозов, к которым относятся случайные, климатологические и инерционные.

Некоторые виды защитных мероприятий могут быть осуществлены только за определенный промежуток времени, который условно обозначим через t_0 . Например, для работ, связанных с увеличением высоты слоя затопления на рисовом чеке, при получении краткосрочного (с заблаговременностью до 48 ч) прогноза об ожидаемом понижении температуры воздуха ниже некоторого критического значения ($t_{кр}$). Такие виды работ могут быть своевременно осуществлены только при условии, что

$$t_0 \leq \Delta t_1 - \Delta t_2,$$

$$\text{или} \quad \Delta t_1 = t_0 + \Delta t_2,$$

где Δt_1 — промежуток времени между временем получения текста штормового предупреждения (ШП) и временем его фактичес-

кого осуществления; Δt_2 - время необходимое для принятия решения и доведения его до потребителя. Если принять, что Δt_2 изменяется от одного до нескольких часов, то тогда промежуток времени Δt_1 может составить 6-12 и более часов.

Следовательно, для таких видов работ (хозяйственных решений) полезны с экономической точки зрения только те прогнозы, фактическая заблаговременность которых (Δt_1) превышает интервал времени $t_0 + \Delta t_2$. Прогнозы с заблаговременностью ^{менее Δt_1} , даже оправдавшиеся на 100% с чисто метеорологической точки зрения, являются для потребителя "бесполезно" оправдавшимися прогнозами [176]. Матрицы сопряженности ($\varphi_i \sim \pi_j$) необходимо исправить с учетом количества бесполезно оправдавшихся прогнозов. Затем составляются матрицы полных потерь (R_{ij}) потребителя, если он придерживается одной из двух стратегий: доверять прогнозам или пренебрегать ими.

$$\|R_{ij}\| = (S_{ij}) \cdot (q_{ij}) =$$

$$\begin{cases} R_{11} = q_{11} S_{11} + q_{21} S_{21}; & R_{12} = q_{12} S_{11} + q_{22} S_{21}; \\ R_{21} = q_{11} S_{12} + q_{21} S_{22}; & R_{22} = q_{12} S_{12} + q_{22} S_{22}. \end{cases}$$

или

$$R_{11} (d_1 / \pi_1); \quad R_{12} (d_1 / \pi_2);$$

$$R_{21} (d_2 / \pi_1); \quad R_{22} (d_2 / \pi_2).$$

Где $q_{11} = \frac{\pi_{11}}{\pi_{01}}; q_{12} = \frac{\pi_{12}}{\pi_{02}}; q_{21} = \frac{\pi_{21}}{\pi_{01}}; q_{22} = \frac{\pi_{22}}{\pi_{02}}.$

Общие потери потребителя R_M при использовании методического прогноза погоды в стратегии полного доверия составляют

$$R_M = \frac{P_{01} R_{11}}{N} + \frac{P_{02} R_{22}}{N},$$

где $\frac{P_{01}}{N}$ и $\frac{P_{02}}{N}$ - вероятности осуществления текстов прогнозов соответственно P_1 и P_2 (P_1 - формулировка прогноза: температура воздуха понизится до t_R).

Матрицы общих потерь необходимо построить для пяти вариантов, в которых предполагается, что потребитель в своей деятельности действует в стратегии полного доверия прогнозу без учета ($R_{об.м1}$) и с учетом ($R_{об.м2}$) бесполезно оправдавшихся прогнозов, или ориентируется на инерционный ($R_{об.ин.}$), идеальный ($R_{об.ид.}$) и полностью ошибочный прогнозы ($R_{об.ош.}$).

Если потребитель не пользуется прогностической информацией (т.е. не покупает ее) и ориентируется на климатическую информацию, то здесь возможны две климатические стратегии: $R_{кл.1}$ - потребитель постоянно принимает защитные мероприятия и $R_{кл.2}$ - потребитель никаких защитных мероприятий не применяет

$$\left. \begin{aligned} R_{кл.1} &= P_{10} S_{11} + P_{20} S_{21} \\ R_{кл.2} &= P_{20} S_{12} + P_{20} S_{22} \end{aligned} \right\},$$

где P_{10} - климатическая вероятность осуществления определенного явления погоды (например, вероятность понижения температуры воздуха в I-ой и 2-ой декадах июня до 2°C),

P_{20} - вероятность отсутствия данного явления, S_{ij} -

элементы матрицы потерь.

На следующем этапе осуществляется сравнительная оценка рассчитанных R . Оптимальной будет та стратегия, которая обеспечивает данному потребителю минимум из всех величин R .

Если окажется, что $R_{кл.2}$ (защитные мероприятия не проводятся) меньше $R_{об.м1}$ или $R_{об.м2}$, то потребителю нецелесообразно покупать прогнозы, составленные при помощи данного метода.

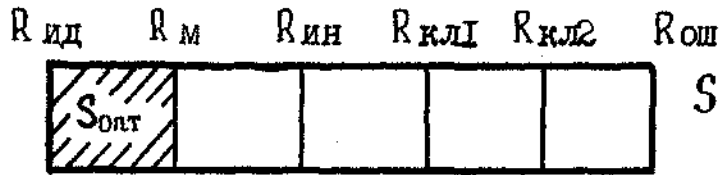
Эффективность методического прогноза может быть оценена по величине разности между $R_{ид.}$ и $R_{об.м}$.

Чем ближе методический прогноз к идеальному, тем меньше ΔR (рис. I.5а).

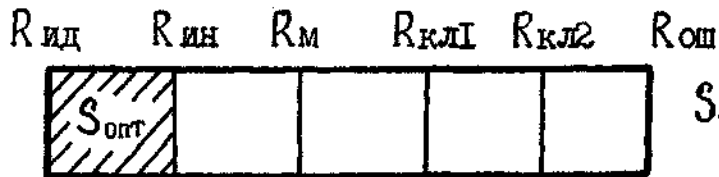
На рис. I.5 приведены возможные ситуации при различном соотношении между R и соответствующие им оптимальные стратегии.

Большие потенциальные возможности для разработки рекомендаций о хозяйственных решениях потребителя, которые он может принять после сева сельскохозяйственной культуры, заложены и в динамико-статистических моделях прогноза продукционного процесса. Теоретические вопросы математического моделирования продукционного процесса разработаны в работах [22, 130, 180, 181, 182, 201, 202, 251, 263, 289, 291].

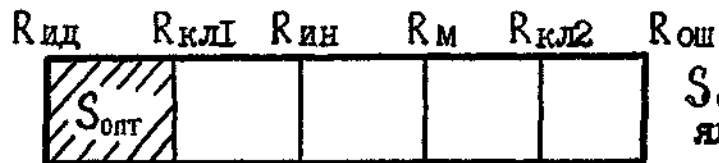
Формирование урожая в этих моделях рассматривается как развивающийся во времени процесс, обладающий определенной инерцией. В зависимости от вклада в конечную продуктивность случайной и инерционной составляющих в течение вегетации изменяется возможность прогнозирования урожая при отсутствии надежного метеорологического прогноза. В [202] приводятся данные о прогнозируемости урожайности яровой пшеницы при задании будущих метеорологических условий в виде клима-



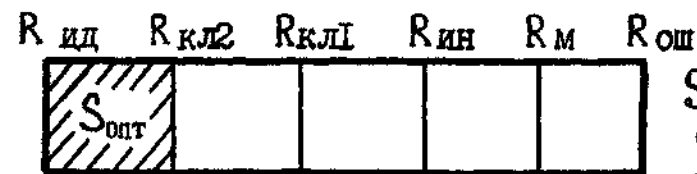
$S_{опт}$ - ориентация на методический прогноз



$S_{опт}$ - ориентация на инерционный прогноз



$S_{опт}$ - потребитель постоянно осуществляет защитные мероприятия



$S_{опт}$ - оптимальной является стратегия, при которой защитные мероприятия не осуществляются

← ————— ○ ————— →
 Минимальные по- Максимальные по-
 тери по метеоро- тери по метеоро-
 логическим при- логическим
 чинам причинам

Рис. 1.5. Возможные варианты соотношений между величинами общих метеорологических потерь при идеальном прогнозе ($R_{ид}$), инерционном ($R_{ин}$), методическом (R_m), полностью ошибочном ($R_{ош}$) и при ориентации на климатическую информацию ($R_{кл1}$, $R_{кл2}$).

тических норм. При прогнозе на дату всхода, когда учитывалась информация только о влажности почвы, средняя ошибка прогноза составила достаточно большую величину 0,69 т/га. Установлено, что прогнозирование урожая данной культуры с помощью модели "погода-урожай" по климатическим нормам может успешно проводится только после колошения (20 июля). Успешность же прогноза до колошения зависит в значительной степени от удачности прогноза метеорологических условий этого периода. Некоторым недостатком моделей, на наш взгляд, является использование в качестве сценария будущих условий средних многолетних характеристик, что неизбежно приводит к сглаживанию ряда прогнозируемых урожаев. Однако по мнению автора [202], это происходит, в основном, из-за отсутствия достаточно надежных долгосрочных прогнозов погоды. Решить эту проблему можно с помощью нескольких направлений. Наиболее важными являются разработка новых и усовершенствование существующих способов прогноза погоды и урожая, ориентированных на конкретного потребителя; комплексирование разработанных методов и способов прогноза; оценка полезной информации, которую они несут; разработка оптимальных решений, направленных на снижение потерь сельского хозяйства в годы с неблагоприятными погодными условиями и на получение максимально возможных урожаев при благоприятной погоде; прогноз возможных климатических флуктуаций для использования в качестве сценария климата в динамических моделях.

Следует отметить, что принятие решений или действий (морской флот, автомобильный транспорт и т.д.) на 4-ом и 5-ом уровнях может осуществляться и в результате совместного использования краткосрочных или долгосрочных прогнозов погоды и климатической информации. Например, в [165] излагается

методика комплексного использования климатической информации (карт распределения скорости ветра и высот волнения при определенных синоптических ситуациях) и прогностических полей (с заблаговременностью до 48 часов), полученных в результате реализации численных гидродинамических схем прогноза в Национальных метеорологических центрах США и Японии.

В сельском хозяйстве применительно к рисоводству это может быть использование ДПП и микроклиматических карт теплообеспеченности рисовых массивов конкретного хозяйства при принятии решений и размещении посевов риса на основе долгосрочного (до сева) прогноза сумм активных температур выше 10 °С.

При разработке систем метеорологического обеспечения необходимо с одной стороны учитывать возможности хозяйственного использования метеорологической информации и, с другой стороны, при разработке конкретных действий потребитель должен принимать во внимание возможности существующей системы гидрометеорологического обеспечения. Такие вопросы на практике должны регулироваться на основе взаимных договоренностей.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ РИСОВОДЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

2.1. Метеоролого-технологические схемы различных уровней принятия хозяйственных решений в рисоводческом хозяйстве

Основой для принятия хозяйственных решений (выбор сорта, сроков и способ сева, оптимизации структуры посевных площадей, способов предпосевной обработки и т.д.) могут являться долгосрочные прогнозы урожайности, погоды и специализированные агрометеорологические прогнозы. При составлении метеоролого-технологических схем производства любой сельскохозяйственной культуры необходимо выделить два уровня принятия хозяйственных решений: I – хозяйственные решения, которые могут быть приняты до сева специализированной культуры; 2 – решения после сева.

Метеоролого-технологические схемы должны составляться, с одной стороны, на основе выявленных зависимостей между факторами внешней среды и продуктивностью сельскохозяйственных культур или состоянием растений в межфазные периоды и, с другой стороны, учитывать структуру и степень сложности агротехники в самом широком смысле этого слова (севообороты, сроки и способ сева, борьба с вредителями и болезнями, способ внесения удобрений, типы водного режима, сорта и др.).

2.1.1. Влияние факторов внешней среды на продуктивность риса и технологию его выращивания

Требования риса к условиям внешней среды очень специфичны [65]. Рис развивается в условиях затопления и основ-

ным фактором, определяющим его развитие и, в конечном итоге, продуктивность особенно в северных районах его произрастания, является тепло [38, 66, 124, 191, 205 и др.] .

По данным И.Е. Криволапова [112] , минимальной температурой при которой идут процессы прорастания холодоустойчивых сортов, является 11,5–12 °С. Для стадии кущения наиболее благоприятна температура 20–23 °С. Более низкие температуры вызывают увеличение числа боковых побегов, что оказывается неблагоприятным для формирования урожая риса в северных районах его выращивания, к которым относится и Приморский край.

Существенное значение в обеспечении посевов теплом имеет создание слоя воды 10–12 см на рисовом поле в критические фазы развития риса. Это позволяет увеличивать среднесуточную температуру воды в сравнении с температурой воздуха на 1,5–4,5 °С и получить дополнительно 200–250 °С тепла за вегетационный период [38, 65, 66, 226] .

В формировании урожайности риса важное значение имеет продолжительность солнечного сияния [65] . Дальневосточные сорта могут вызревать в условиях недостаточного освещения, создающегося из-за повышенной облачности [112]. Однако продолжительность и интенсивность солнечного освещения в условиях Дальнего Востока и других северных районов рисосеяния, существенно сказывается на сроках прохождения фаз вегетации риса. Рассеянный свет вызывает недозревание риса. Недостаток света в условиях Приморья сдерживает кущение, вызывает затягивание сроков выметывания метелки и приводит к недозреванию риса.

Распределение осадков и декадной температуры воздуха

в течение вегетационного периода также оказывает важное влияние на развитие растений риса [171, 232]. В годы со значительными осадками в конце мая и начале июня отмечается ухудшение состояния посевов. Обильные ливневые осадки в середине августа во время цветения — вызывают значительную пустозерность метелок риса [223]. Существенное влияние на формирование урожайности риса оказывает температура воздуха в период с первой декады июня до второй декады июля [232]. В годы с высокими декадными температурами воздуха в течение указанного периода, а также при положительных аномалиях засушливого типа погоды и отрицательных аномалиях числа часов с осадками по зоне рисосеяния [171], как правило, формируется высокая урожайность риса. Низкие урожаи получают в годы с отрицательными аномалиями декадной температуры воздуха, положительными аномалиями влажного типа погоды и числа часов с осадками [171, 230].

Погодные условия конкретного года оказывают большое влияние на возникновение и распространение болезней риса и, в частности наиболее опасной из них — пирикулярриоза, потери от которой в годы с эпифитией составляют 20–40 % от валового сбора зерна риса [32, 113, 171, 183]. Благоприятными для возникновения и распространения пирикулярриоза являются влажный тип погоды (с относительно низкими температурами, повышенной относительной влажностью воздуха), наличие капельно-жидкой влаги на растениях, большое число часов с осадками, определенный ветровой режим. Дозы и количество обработок посевов риса фунгицидами (химические препараты используемые для уничтожения или предупреждения развития патогенных грибов) определяются количеством инфекционного

начала и погодными условиями. Для прополки риса широко применяются гербициды, внесение которых строго регламентируется определенными погодными условиями: относительная влажность не менее 30 %; скорость ветра не более 2-3 м/с; температура воздуха в пределах 20-25 °С. Для уничтожения вредителей риса используются инсектициды. Обработка посевов этими препаратами также осуществляется только при определенных погодных условиях. Поскольку обработку посевов гербицидами, фунгицидами и инсектицидами, осуществляют, как правило, при помощи сельскохозяйственной авиации, что способствует значительному распространению загрязняющих веществ на окружающую рисовые системы территорию, то данная проблема является чрезвычайно актуальной с экологической точки зрения.

Агротехника выращивания риса представляет собой сложный механизм, отлаженная и четкая работа которого оказывает существенное влияние на получение конечного продукта сельскохозяйственного производства - урожая. Современная агротехника предусматривает возделывание риса в правильных севооборотах с выполнением комплексных приемов по обработке почвы, повышению ее плодородия, рациональному использованию органических и минеральных удобрений, своевременному посеву, применению прерывистого и укороченного водного режимов, борьбе с сорняками, болезнями и вредителями [65, 124].

Важное агротехническое значение имеют способы сева. В настоящее время известно три основных способа сева: рядовой посев сеялками с минимальной заделкой семян в почву (до 1 см) и немедленным затоплением поля слоем воды в 6-8 см; рядовой способ сева с заделкой семян в почву на глуби-

ну 4-5 см без затопления поля до всходов; разбросной авиасев в воду. Способ сева зависит от технических возможностей хозяйства, а также от погодных условий предпосевного и посевного периодов [124] , При благоприятных погодных условиях, позволяющих производить посев в ранние сроки, используется второй способ сева. При поздних сроках сева, когда уже отсутствует опасность заморозков на почве, применяется посев с минимальной заделкой семян. Авиасев, как правило, осуществляется в случаях сильного затягивания сроков сева с целью их форсирования, а также используется на сильно переувлажненных массивах, где работа сельскохозяйственной техники затруднена или невозможна.

Роль воды на рисовом поле чрезвычайно велика и многообразна. Ерыгин П.С. [65] считает целесообразным свести все водные режимы на рисовых полях к четырем основным типам: постоянное, укороченное, прерывистое и периодическое затопление. Постоянное затопление рисового поля слоем воды способствует не только удовлетворению биологических и физиологических потребностей риса, но и позволяет улучшить микроклимат рисового поля, создавая "парниковый эффект", который крайне важен для сравнительно холодных северных районов зоны рисосеяния. Остальные виды затопления используются для создания лучших условий прорастающим семенам, с целью экономии поливной воды, а также для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями риса. Каждый, из указанных типов водных режимов затопления, выбирается в зависимости от природно-климатических условий, уровня агротехники, гидрологических и погодных условий, сорта риса.

Таким образом, растение риса, как биологический объект,

так и технология его производства предъявляют своеобразные и весьма сложные требования к факторам внешней среды.

2.1.2. Метеоролого-технологические схемы принятия хозяйственных решений в рисоводстве

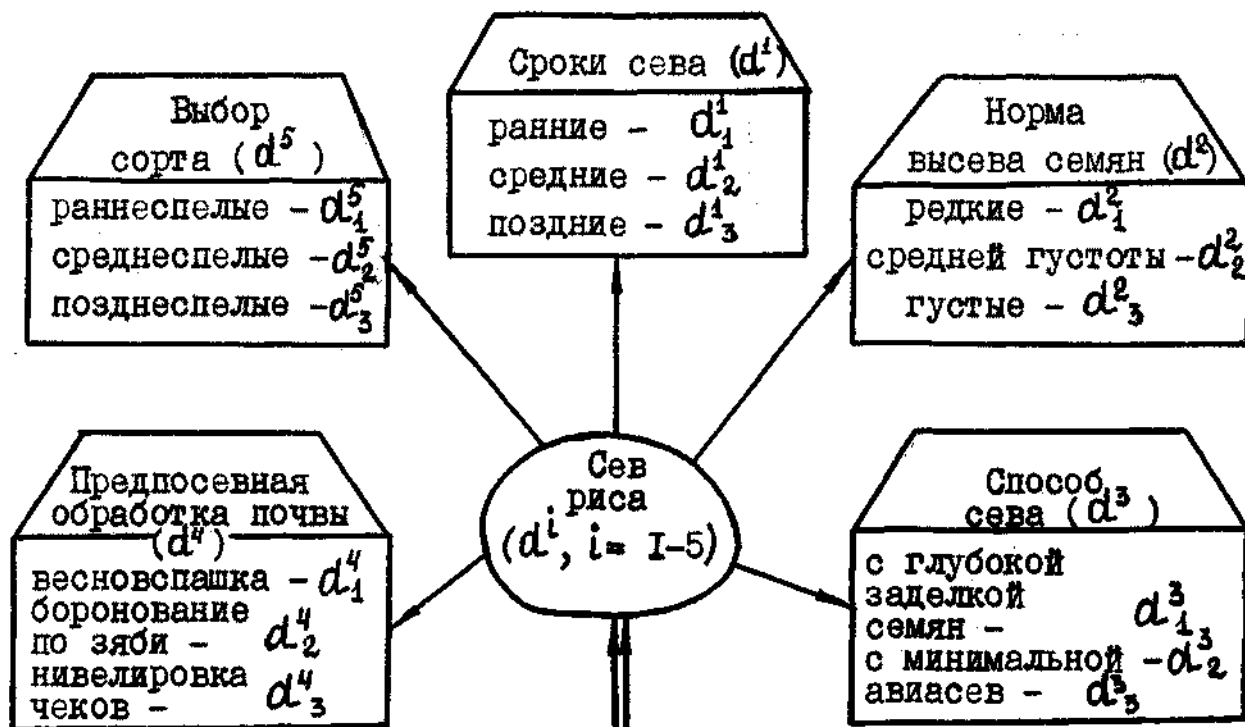
Основные принципы построения метеоролого-технологических схем (МТС) заключаются в следующем:

- МТС составляется для определенного технологического процесса (например, сев, борьба с сорняками, вредителями, болезнями риса, улучшение микроклимата рисового поля в различные стадии развития растений, уборка урожая и др.);
- в схемах должны быть перечислены основные и альтернативные хозяйственные решения, необходимые для осуществления данного технологического процесса;
- указаны виды метеорологической, в том числе и прогностической информации, на основе которой могут быть выбраны те или иные хозяйственные решения;
- определены оптимальные стратегии потребителя в зависимости от выбранного критерия оптимальности;
- оценен экономический эффект и эффективность различных видов метеорологической информации.

На рис. 2.1 приведена в общем виде метеоролого-технологическая схема ("Сев риса") первого уровня (до сева) принятия решений в рисоводстве.

Планирование агротехнических мероприятий можно осуществить на основе специализированных долгосрочных прогнозов метеорологических величин, указанных в схеме. Такие прогнозы должны иметь заданную заблаговременность, которая будет определяться промежутком времени (дни, недели, месяцы) необходимым для принятия решений о конкретных хозяйственных

Блок хозяйственных решений (d)



Блок метеорологических долгосрочных прогнозов

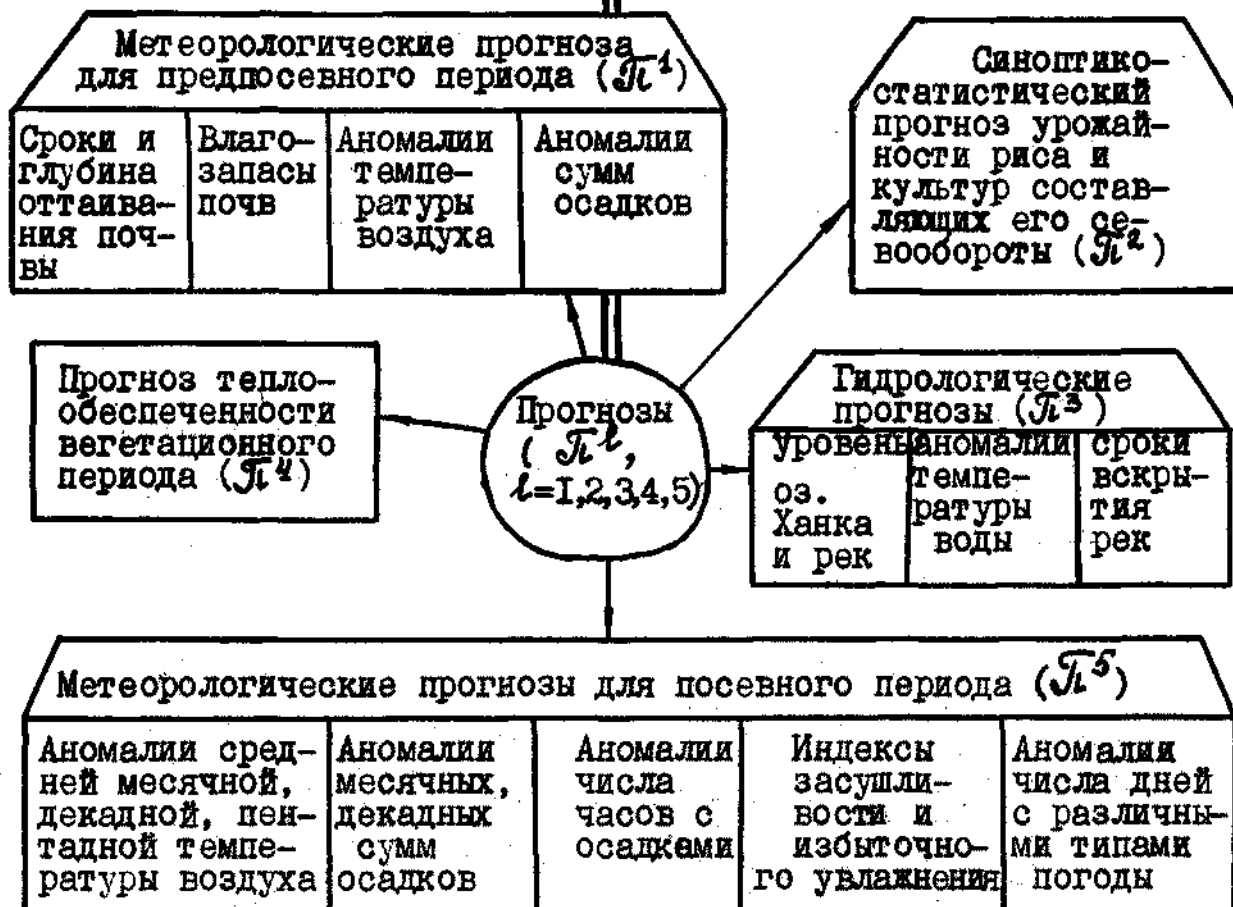


Рис. 2.1. Метеоролого-технологическая блок-схема хозяйственных решений (d^l) и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов (Π^l) необходимых для их принятия

действиях и их реализации (см. гл. I). Например, для корректировки сроков (по отношению к средним многолетним) и способов сева необходимы прогнозы: сроков оттаивания почвы; средней месячной температуры воздуха на апрель и май; декадной температуры воздуха; аномалии осадков на апрель, май. Эти прогнозы должны иметь заблаговременность не менее одного-двух месяцев и поступать в распоряжение потребителя не позднее, чем в первой декаде апреля. Прогнозы, которые поступят к потребителю в сроки не позволяющие своевременно принять решения и осуществить конкретные действия, даже в случае их высокой оправдываемости следует считать "бесполезно" оправдавшимися с точки зрения экономической полезности.

Понятие и примеры "бесполезно" оправдавшихся прогнозов приведены в [176].

На рис. 2.2 приведена МТС для мероприятий по профилактике и борьбе с пирикулярриозом риса. Отличительной чертой этой МТС является совместное использование различных видов метеорологической информации при принятии хозяйственных решений. Так, например, долгосрочные прогнозы погоды могут являться основой для выбора решений d^1 , d^2 , d^4 , d^5 совместно с климатической информацией (мезо- и микроклиматические карты повторяемости и распространения пирикулярриоза риса). В то же время, для принятия решений d^2 и d^3 необходимы вышеуказанные карты и краткосрочные прогнозы погоды. При уборке урожая (рис. 2.3) и планировании мероприятий по ее проведению прежде всего необходимы прогнозы урожайности по хозяйствам, фенологические и ДПП.

Прогнозы некоторых метеорологических величин, перечисленных в метеоролого-технологических схемах (рис. 2.1-2.3),

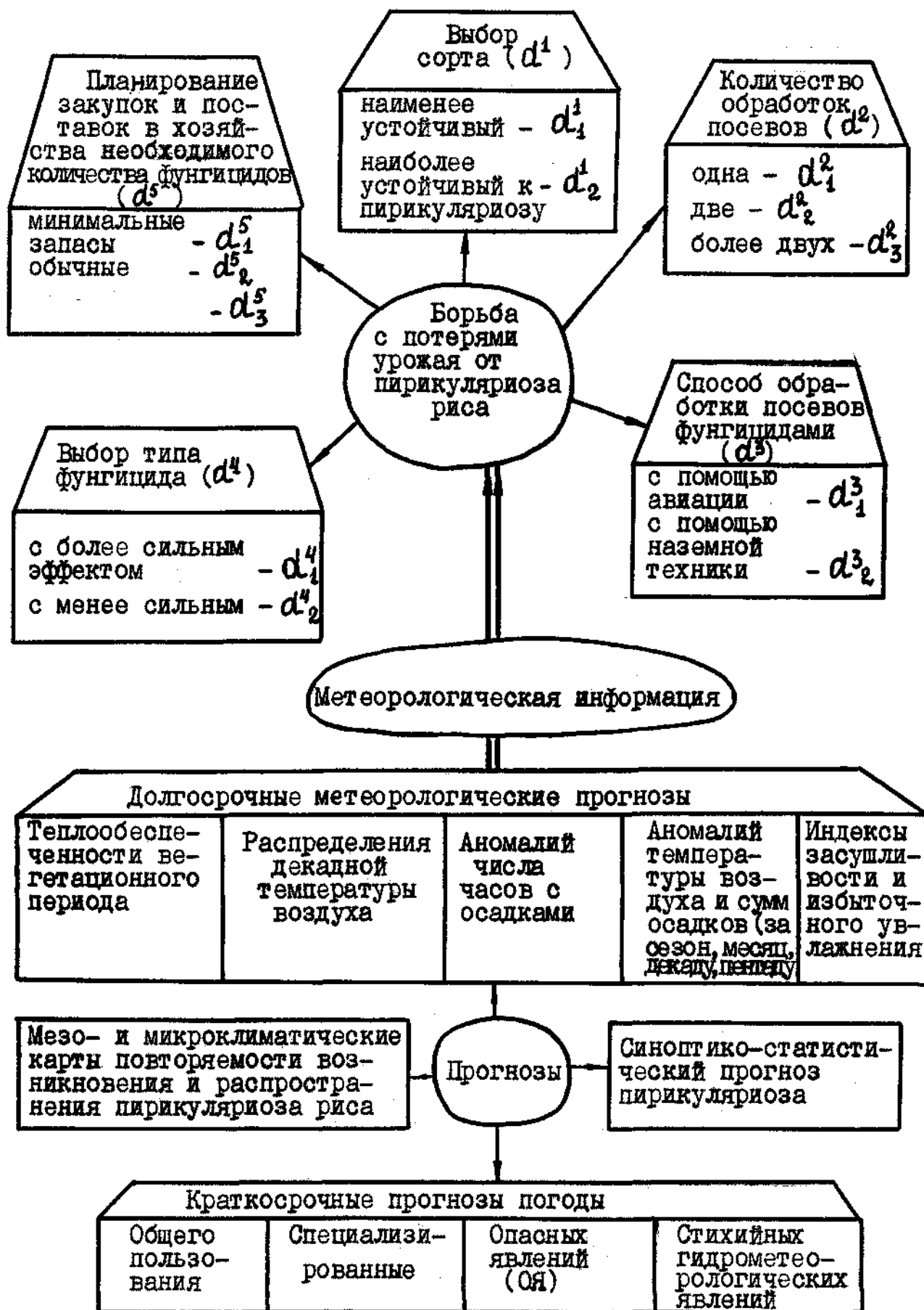


Рис. 2.2. Метеоролого-технологическая блок-схема предупредительных и защитных мер по борьбе с пирикулярриозом риса и метеорологической информации, необходимой для их проведения

Хозяйственные действия и решения (d)

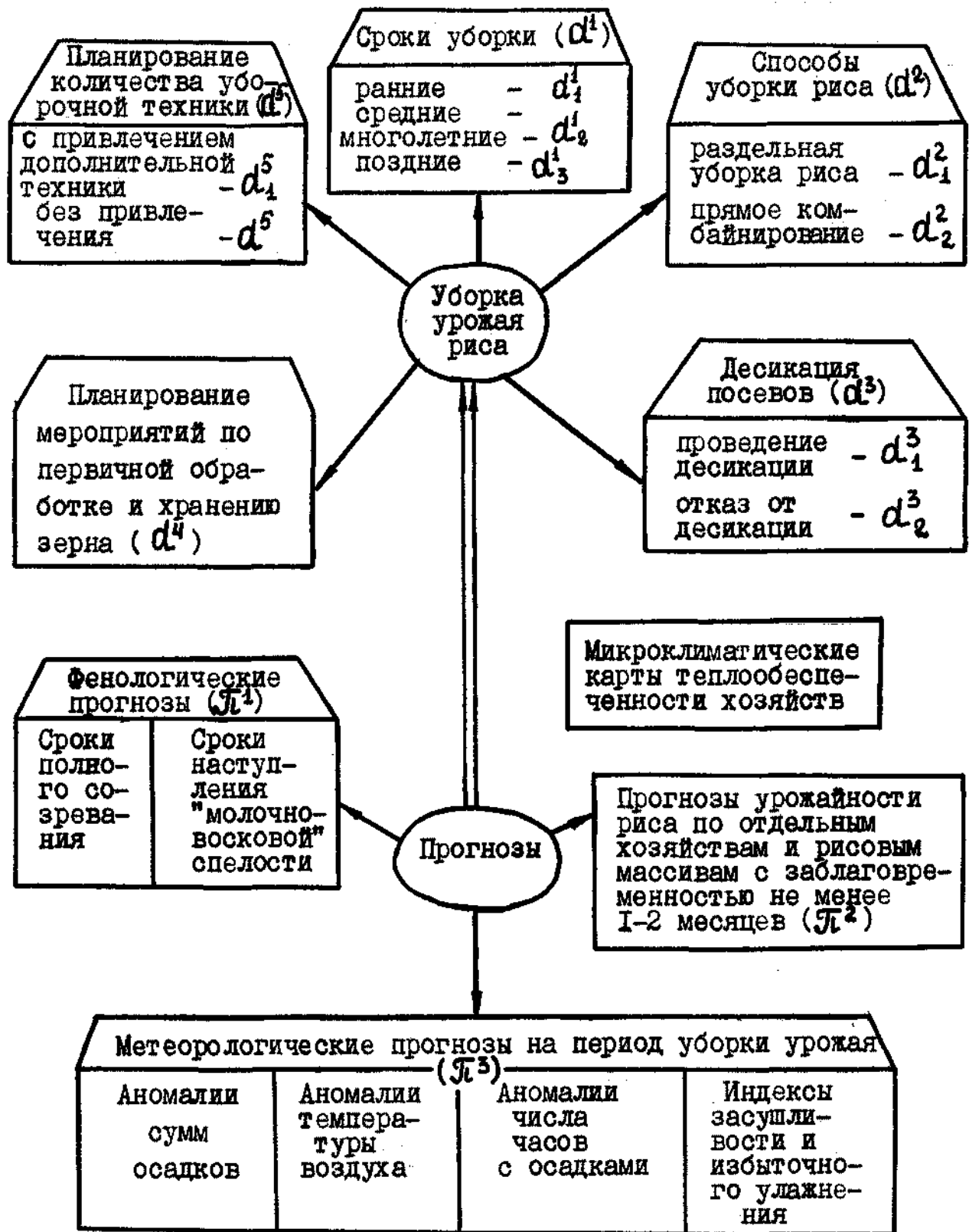


Рис. 2.3. Метеоролого-технологическая блок-схема хозяйственных действий и решений (d) и метеорологических прогнозов (T) необходимых для их принятия

разработаны и составляются в гидрометцентрах, обслуживающих метеорологической информацией рисоводческие хозяйства. Однако, в настоящее время, в оперативной практике долгосрочного прогнозирования, составляются, как правило, прогнозы только температуры и осадков, что является недостаточным. Необходимо разрабатывать и внедрять в оперативную практику прогнозы метеорологических величин, которые в значительной мере определяют выбор тех или иных хозяйственных решений. Это могут быть прогнозы типов погоды, индексов засушливости, числа часов с осадками и др.

Одной из основных прикладных задач первого уровня принятия хозяйственных решений является задача оптимизации структуры посевных площадей. Для ее успешного решения на уровне отдельного рисоводческого хозяйства в конкретном году необходимы: сверхдолгосрочный прогноз урожайности основной специализированной культуры; прогноз урожайности культур севооборота; микроклиматические карты теплообеспеченности рисовых массивов; почвенные карты хозяйств; карты распределения урожайности культур по величине и степени устойчивости; плановые задания или госзаказ на производство основной культуры и др. информация.

Так, например, синоптико-статистический прогноз средней по краю и по отдельным хозяйствам урожайности риса, разработанный автором, имеет максимальную заблаговременность девять месяцев до уборки урожая или четыре месяца до сева. Оправданность прогнозов урожайности по данным оперативных испытаний (1988-1990 гг.), проведенных в Приморском гидрометцентре, составляет в среднем 92-95 %.

Ориентируясь на прогноз урожайности до сева основной

культуры представляется возможным осуществить моделирование продуктивности всего севооборота и решить задачу оптимизации структуры посевных площадей.

Теоретические аспекты определения оптимальной стратегии потребителя гидрометеорологической информации в зависимости от выбранного критерия оптимальности рассмотрены в гл. I. Практические приемы выбора оптимальной стратегии и оценка ее экономической полезности при агрометеорологическом обеспечении рисоводства рассматриваются в гл. 9.

2.2. Постановка задачи моделирования продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве

В практике мирового рисосеяния широко распространены бессменные посеы риса в течение многих лет на одном и том же участке. Пополнение почвы органическим веществом в этом случае производится за счет внесения органических удобрений, компоста, зеленой массы бобовых культур, отходов рыбной и пищевой промышленности [136]. Однако бессменные посеы увеличивают засоренность почвы сорняками, способствуют накоплению болезнетворных организмов, уменьшению запасов органических веществ, способствуют выносу иловатых частиц из пахотного слоя в нижележащие горизонты и др.

Согласно [124] для районов с устойчивым снежным покровом, где клевер не вымерзает, рекомендуется семипольный севооборот: овес или ячмень, ————— клевер на силос и зеленое удобрение, рис, рис, агромелиоративное поле, рис, рис. Для районов с неустойчивым снежным покровом рекомендуется шестипольный севооборот: рис, рис, соя на зеленое

удобрение, рис, рис, агромелиоративное поле. Для крупных рисоводческих хозяйств, имеющих значительное поголовье крупного рогатого скота, севообороты позволяют не только повышать плодородие рисовых полей, а, следовательно, и урожайность, но и вносят существенный вклад в кормовую базу животноводства.

В зависимости от степени хозяйственной самостоятельности возможны четыре варианта задачи моделирования продуктивности конкретного научно-обоснованного севооборота [17] :

- посевные площади и валовый сбор основной культуры и культур севооборота заданы директивно;
- в хозяйстве имеется годовой госзаказ на производство фирменной культуры, который составляется вышестоящей организацией;
- госзаказ на срок более одного года, например, на пятилетку;
- случай полной экономической и хозяйственной самостоятельности хозяйства.

Введем следующие обозначения: $V_{пл}$ - запланированный валовый сбор зерна; C - себестоимость производства тонны продукции; Z - закупочная цена; P - прогноз урожайности риса составленный синоптико-статистическим методом; S - посевные площади; Π - прибыль; $У$ - убытки.

В первом варианте, когда посевные площади под специализированную культуру и другие культуры, составляющие севообороты рисового поля, запланированы директивно, валовый сбор севооборота V_{co} будет определяться следующим образом:

$$V_{co} = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot S_{iпл}),$$

где i – определенная культура, n – число культур.

Причем $\sum S_{i,пл}$ может быть меньше или равна всей меллирируемой в хозяйстве площади, так как определенное количество рисовых чеков отводится под ремонт и пары. Прибыль в хозяйстве, в первом приближении, будет определяться таким образом:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n (3-c)_i V_i ,$$

где n – число культур совсеоборота ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);
 V_i – валовый сбор i -той культуры.

При такой постановке задачи маневрирование посевными площадями не осуществляется. Увеличить $V_{со}$ и Π можно за счет корректировки сроков сева, норм высева семян, выбора сорта и агротехнических приемов. Основой для принятия хозяйственных решений могут являться долгосрочные прогнозы погоды, предусмотренные схемой агрометеорологического обслуживания.

По второму варианту предполагается, что хозяйства, получают госзаказ на производство фирменной сельскохозяйственной культуры, т.е. $V_{со,пл} = const$. В этом случае первоначально определяются посевные площади S рис, которые необходимо занять специализированной культурой, – рисом, чтобы получить запланированный валовый сбор зерна. В простейшем случае, при идеальном прогнозе урожайности S рис можно определить как отношение запланированного валового сбора риса $V_{рис,пл}$ к урожайности риса. Под идеальным понимается прогноз, оправдываемость которого равна 100%, а качественный показатель $\rho = 1$. В действительности прогноз урожайности не идеален, т.е. его оправдываемость не равна 100%, а $\rho \neq 1$, поэтому необходимо ввести поправку, учитывающую оправдываемость прогно-

за. Прогностическое значение урожайности риса в этом случае будет корректироваться по формуле:

$$P_{кор} = P_{пр} - \alpha (1 - \rho) P_{пр},$$

где α — эмпирический коэффициент, который зависит от формулировки фазового прогноза урожайности; ρ — коэффициент, учитывающий оправдываемость фазового прогноза.

С учетом приведенных поправок, необходимую для выполнения госзаказа посевную площадь, можно рассчитывать следующим образом:

$$S_{рис} = V_{рис} \text{ пп} / P_{кор}.$$

Тогда величина посевной площади, занятой культурами севооборота равна

$$S_{со} = S_{обяз\ мелиор} - S_{рис} - (S_{ремонт} + S_{парк}).$$

Прогноз валового сбора севооборота или заданная посевная площадь, занятая i -той культурой будет определяться:

$$V_{со} = V_{рис} \text{ пп} + \sum_{i=1}^n (P_{iпр} S_{iпр}),$$

где $S_{iпр}$ — прогнозируемая или заданная посевная площадь, которая отводится в данном году под i -тую культуру. Имея прогноз урожайности всех культур севооборота, зная потребности хозяйства в получении белкового корма (соя), либо фуража (овес, ячмень), либо силоса (кукуруза, кормовые культуры) и учитывая другие хозяйственные причины, перераспределяются посевные площади, т.е. определяются S_i .

Следует отметить, что при решении данной задачи могут возникнуть две ситуации: задача имеет и не имеет решения. Последняя ситуация имеет место в тех случаях, когда прогнозируется очень низкая урожайность риса и даже при условии, что площадь всей мелиоративной системы хозяйства отводится

под специализированную культуру, запланированный валовый сбор не будет обеспечен.

Третий вариант. В этом случае при решении задачи оптимизации структуры посевных площадей необходимо учитывать не только прогноз урожайности на предстоящий год, но и фактическую урожайность за прошедшие годы и климатическую информацию. Постановка задачи осуществляется из предположения о том, что оптимальной стратегией является ориентация не на максимальный, а на устойчивый урожай.

Задача в четвертом варианте сводится к выбору оптимальной структуры посевных площадей в ориентации: а - на минимальные убытки или максимальную прибыль; б - на устойчивый урожай; в - правильное соблюдение научно-обоснованных севооборотов.

Максимальная прибыль от конкретного севооборота может быть определена следующим образом:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n (\Pi_i \cdot S_i),$$

где n - число культур севооборота; Π_i - разница между закупочной ценой и себестоимостью производства i -той культуры; S_i - посевные площади i -той культуры. В данном случае общая площадь может быть больше суммы всех мелиорируемых площадей за счет суходольных полей.

2.3. Блок-схемы моделирования продуктивности севооборота в рисоводческом хозяйстве

Исходными данными при первом варианте хозяйственной самостоятельности являются: посевные площади (S_i), прогноз урожайности (P_i), закупочная цена (z_c) и себестоимость ($св$) для каждой культуры севооборота. Необходимо рас-

считать: валовое производство каждой культуры (V_i) и общую прибыль, как сумму прибыли от производства каждой культуры (REZ). Блок-схема расчета приведена на рис. 2.4

При втором варианте хозяйственной самостоятельности (рис. 2.5) исходными данными являются: прогноз урожайности; закупочная цена и себестоимость производства для каждой культуры; планируемый валовый сбор риса (госзаказ) на один год (RVC_1); количество площадей наиболее благоприятными почвами (SA); количество площадей планируемых под ремонт и пары (SRA) для каждого типа почв (SRA, SRB, SRC); фазовый прогноз урожайности риса ($PROCP$).

Основные типы почв разделены на три группы, которые были условно названы: наиболее благоприятные (лугово-бурные (SA)); менее благоприятные (оглеенный торф (SB)); неблагоприятные (торфяники (SC)).

Требуется рассчитать посевную площадь под рис, необходимую для выполнения госзаказа, выбрать культуры севооборота в зависимости от прогноза урожайности риса и рассчитать их валовый сбор, определить возможную прибыль от производства каждой культуры. Выбрать оптимальную структуру посевных площадей, дать рекомендации о количественном соотношении посевных площадей с различным типом почв. Однако здесь возможна ситуация при которой план завышен настолько, что для его выполнения в неблагоприятные по погодным условиям годы недостаточно всех имеющихся площадей.

При третьем варианте хозяйственной самостоятельности исходными данными являются: прогноз урожайности; закупочная цена и себестоимость; госзаказ на пятилетку по валовому сбору риса (RVC_5); порядковый номер текущего года пятилетки

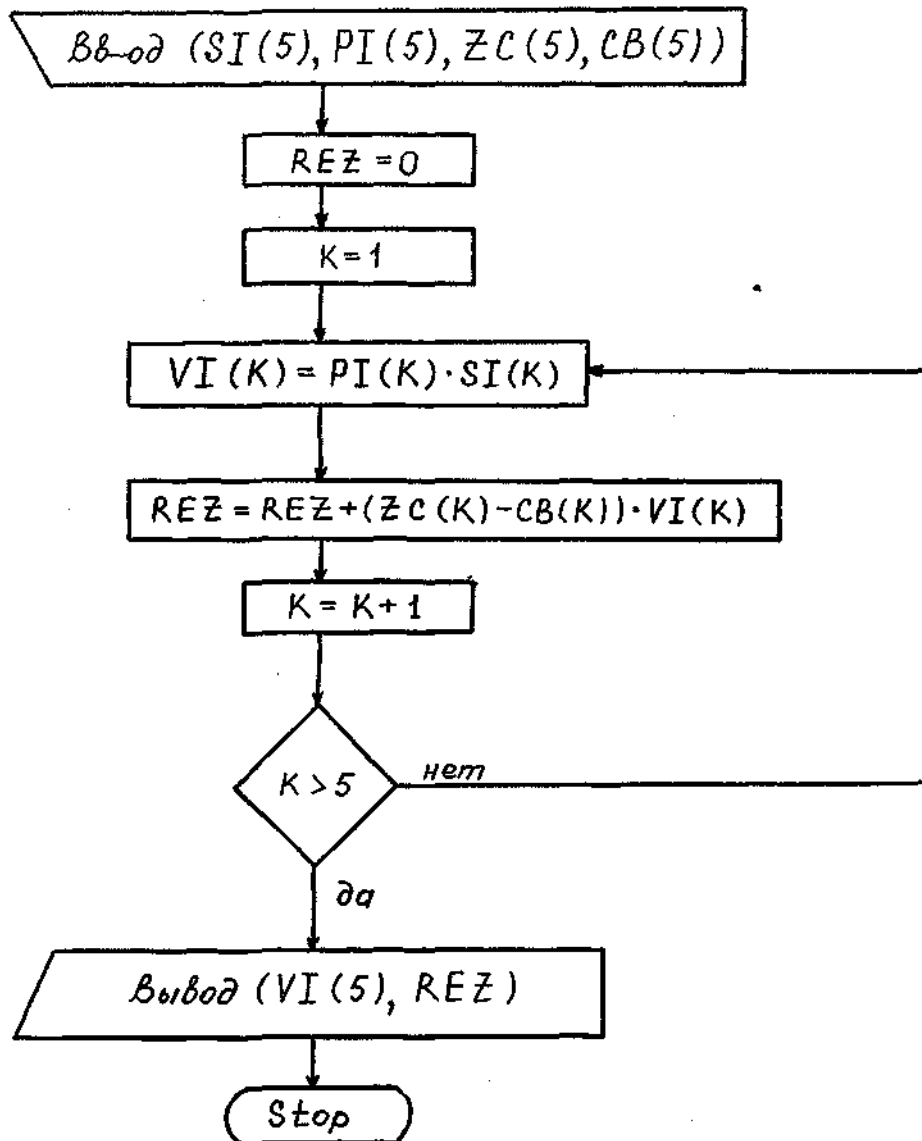


Рис. 2.4. Блок-схема расчета валового сбора всего севооборота и прибыли при первом варианте хозяйственной самостоятельности, когда количество посевных площадей, валовый сбор и урожайность культур заданы директивно.

Условные обозначения приведены по тексту.

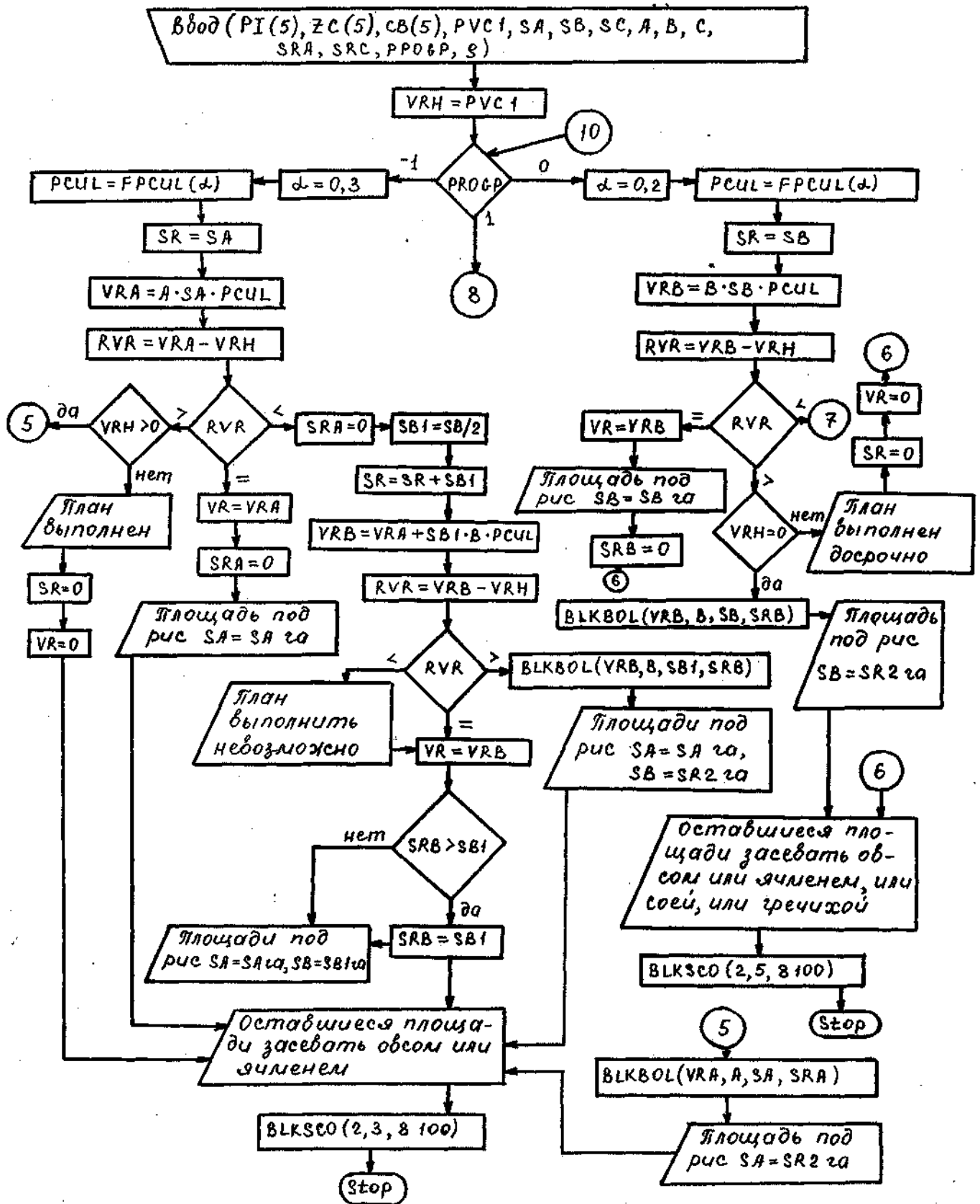


Рис. 2.5а. Блок-схема расчета валового сбора и прибыли всего севооборота при втором варианте хозяйственной самостоятельности

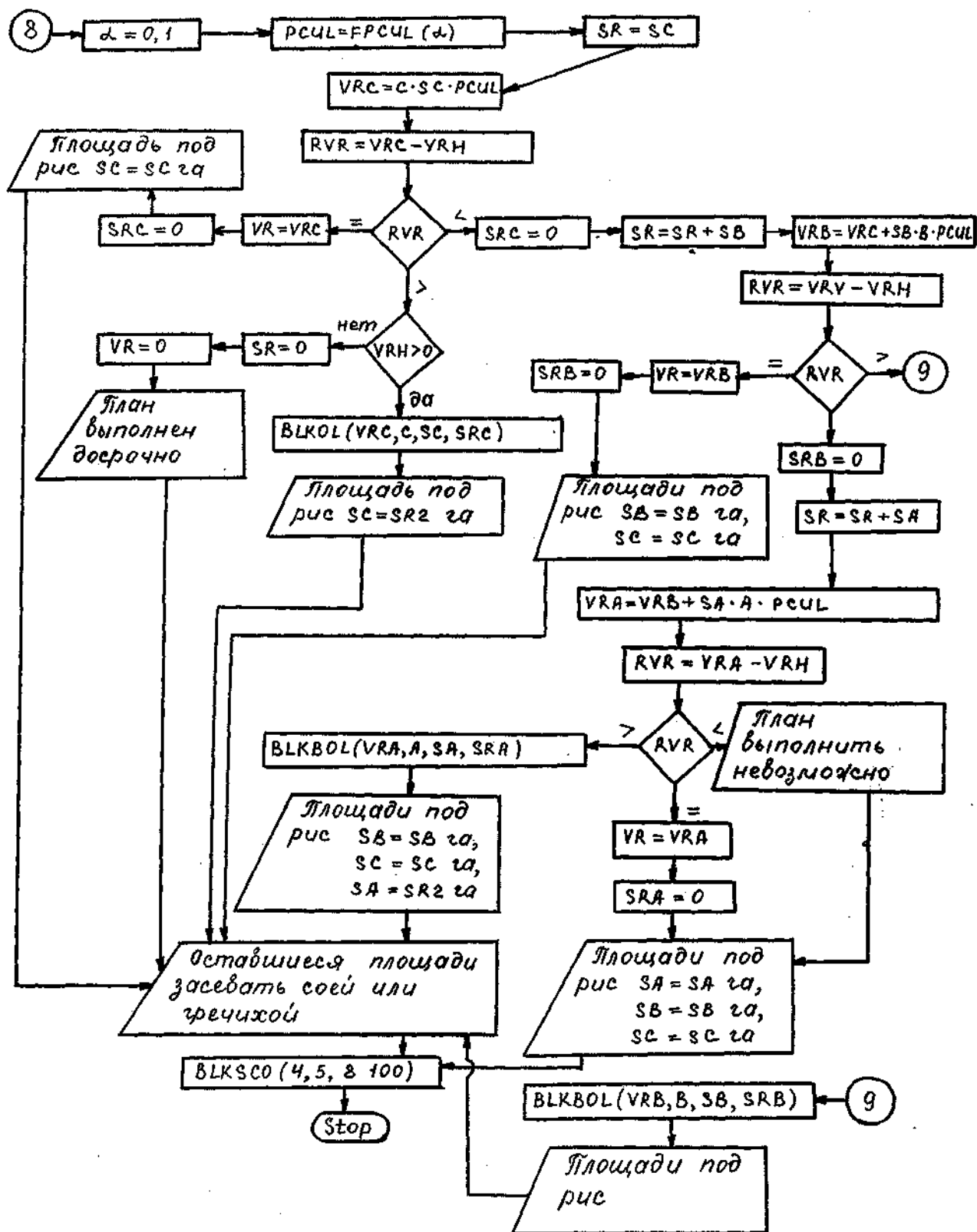


Рис. 2.56. (Продолжение рис. 2.5а) Блок-схема расчета продуктивности севооборота при втором варианте хозяйственной самостоятельности

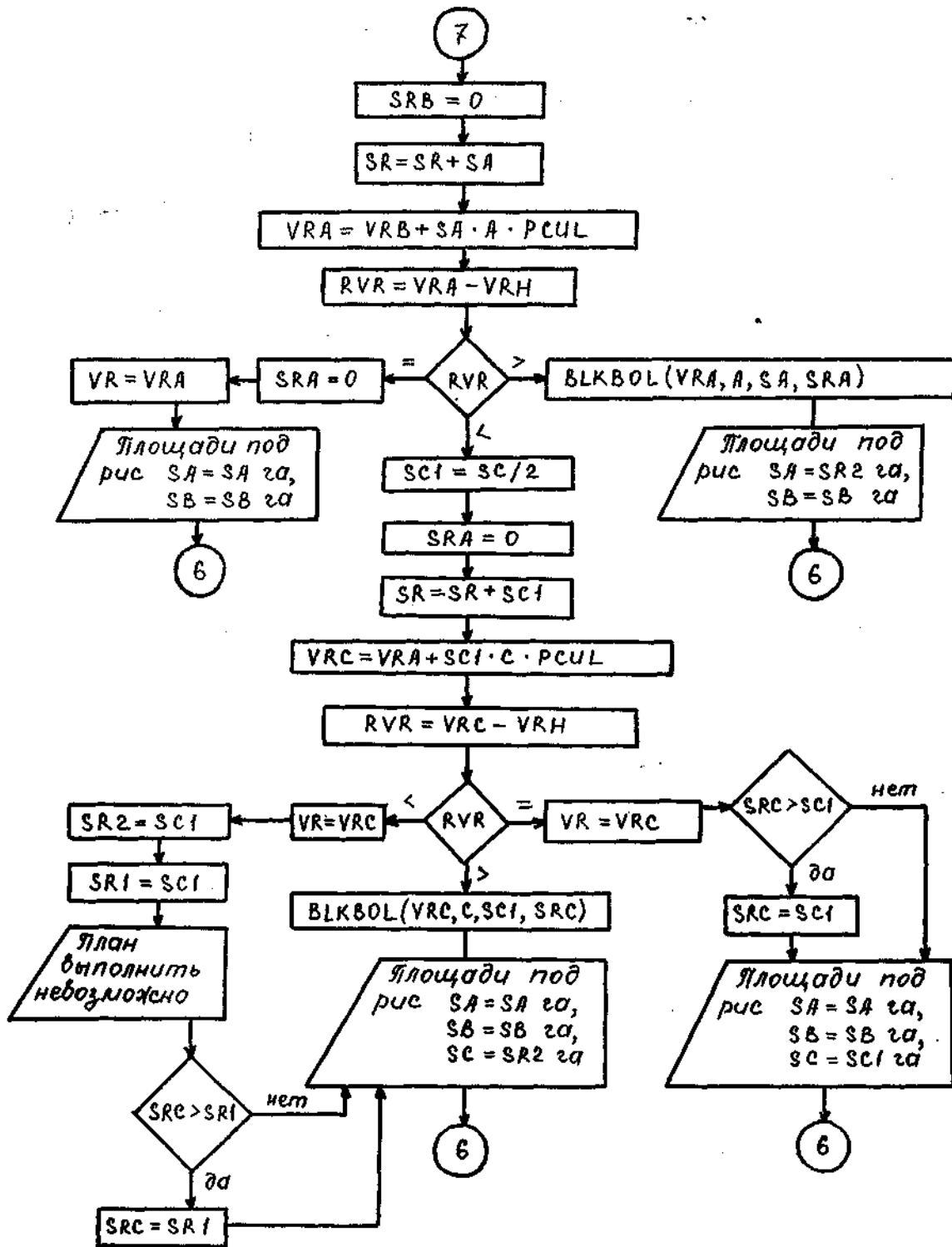


Рис. 2.5в. (Продолжение рис. 2.5а и 2.5б) Блок-схема расчета продуктивности севооборота и прибыли при втором варианте хозяйственной самостоятельности

(N); количество площадей в хозяйстве с лугово-бурными почвами, оглееным торфом и торфяниками; количество площадей, планируемых под ремонт и пары для каждого типа почв; фазовый прогноз урожайности риса; количество лет (MГ), в течение которых непрерывно на площадях с лугово-бурными почвами высевался рис.

Требуется рассчитать посевную площадь под рис, необходимую для выполнения среднего годового плана с учетом недобора валового сбора риса за предыдущие годы пятилетки, если таковой был; выбрать культуры севооборота в зависимости от прогноза урожайности риса и рассчитать их валовый сбор; определить прибыль от производства каждой культуры; дать рекомендацию — площади с каким типом почв засеять рисом, а также оставлять под ремонт и пары. При этом нужно учесть, что в высокоурожайные годы на всех типах почв урожайность примерно одинакова и, по-возможности, такие лугово-бурные почвы засеять другими культурами, если до этого на них сеяли рис больше двух лет; в низкоурожайные годы на торфяниках рис не вызревает, поэтому в эти годы такие почвы следует отводить под другие культуры. Блок-схема расчетов приведена на рис. 2.6.

При четвертом варианте хозяйственной самостоятельности исходными данными являются: прогноз урожайности; закупочная цена и себестоимость каждой культуры; фазовый прогноз урожайности риса; количество площадей с различным типом почв; количество площадей, планируемых под ремонт и пары для каждого типа почв; количество лет, в течение которых непрерывно на площадях с лугово-бурными почвами высевался рис.

Требуется определить оптимальную структуру посевных

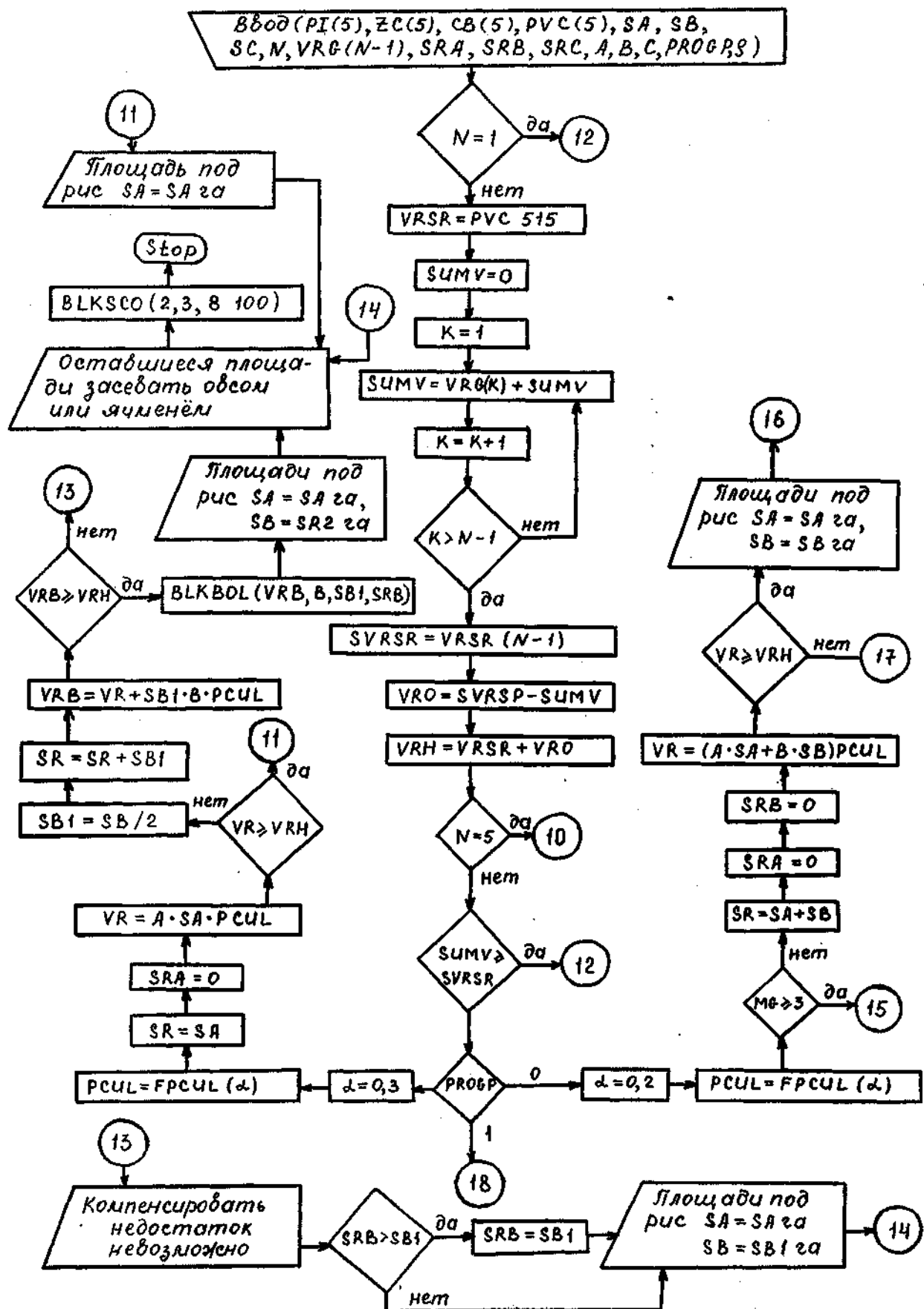


Рис. 2.6а. Блок-схема расчета продуктивности севооборота и прибыли при третьем варианте хозяйственной самостоятельности

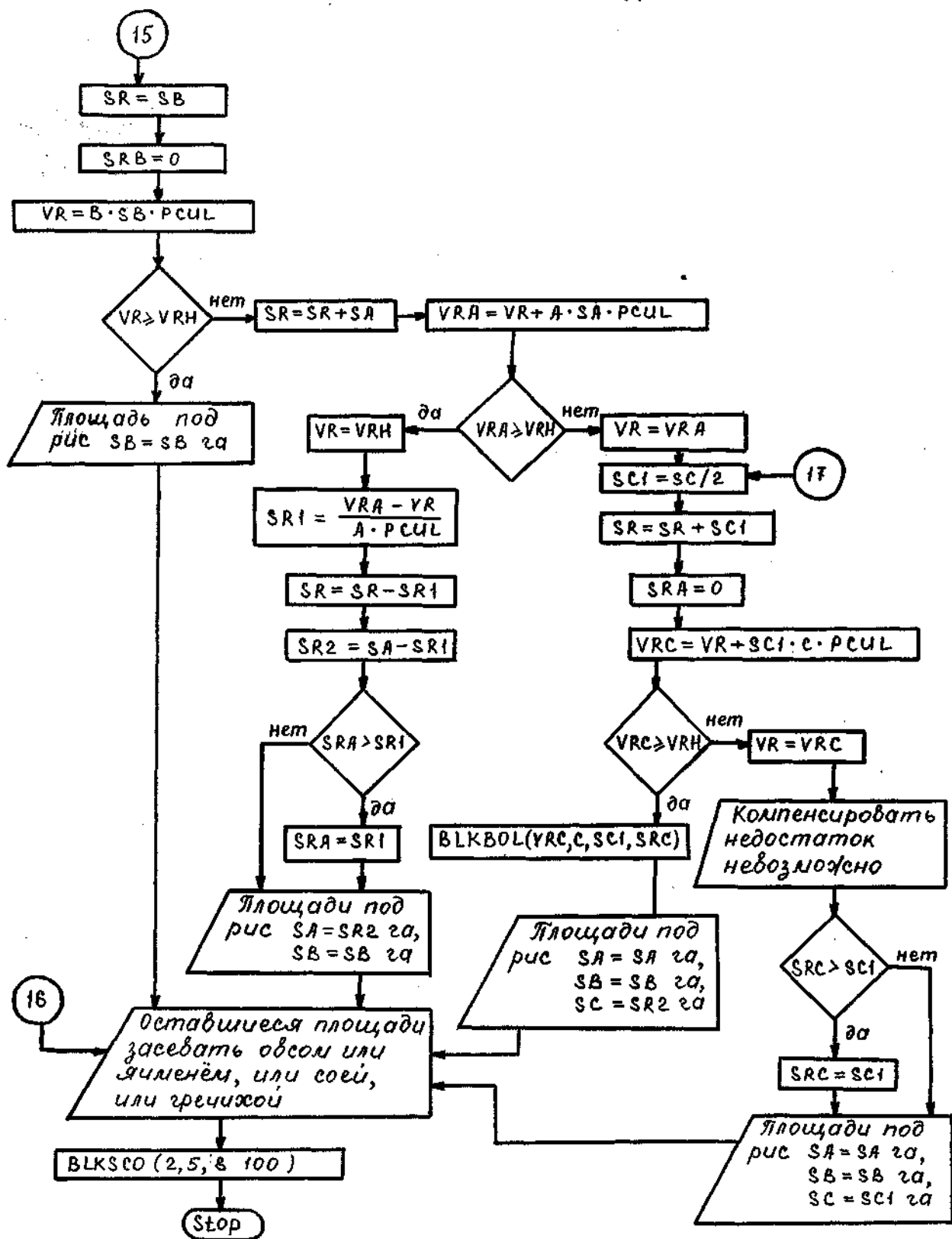


Рис. 2.66. (Продолжение рис. 2.6а) Блок-схема расчета валового сбора и прибыли при третьем варианте хозяйственной самостоятельности

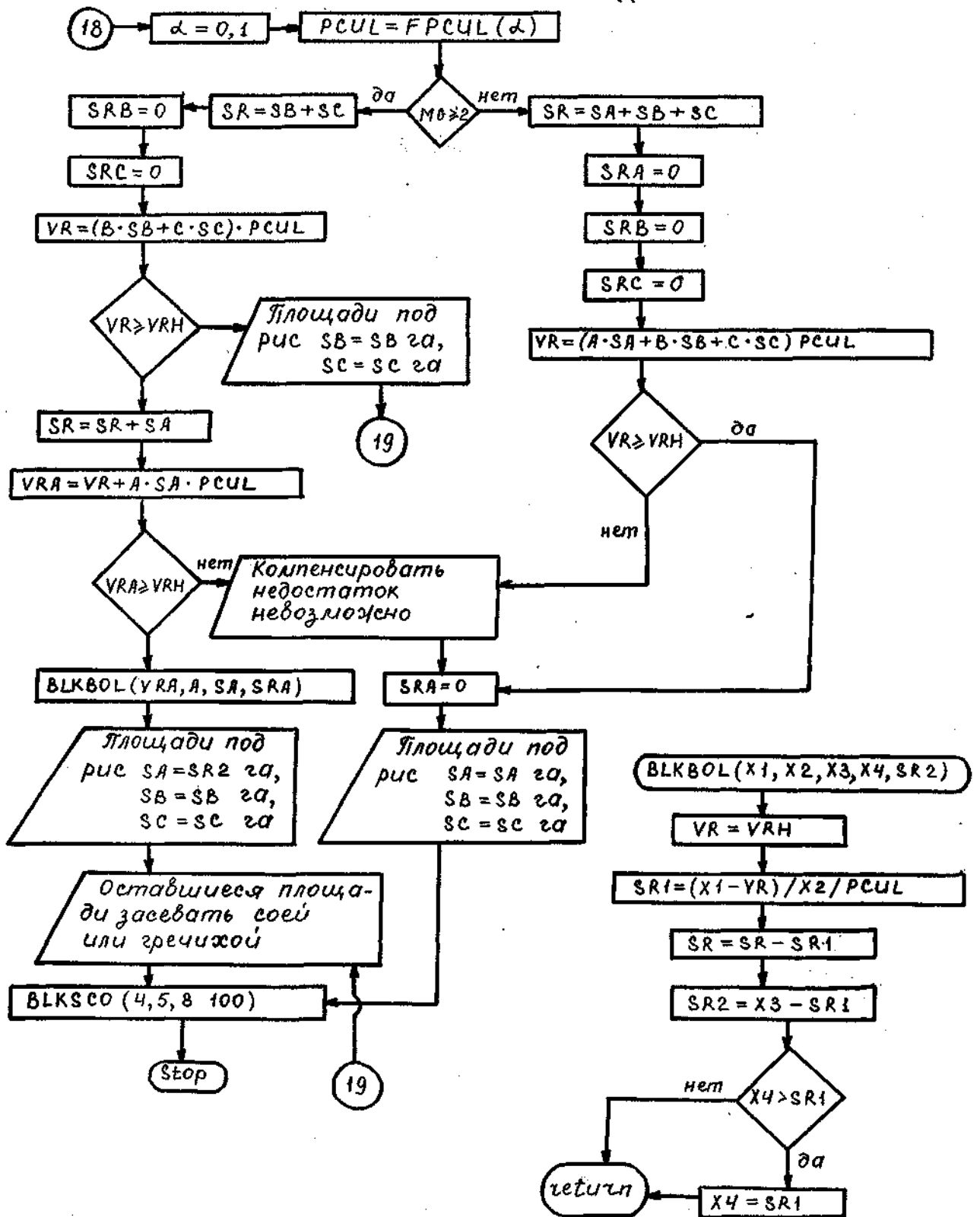


Рис. 2.6в. (Продолжение рис. 2.6а и 2.6б) Блок-схема расчета валового сбора и прибыли при третьем варианте хозяйственной самостоятельности

площадей в зависимости от прогноза урожайности риса и без нарушения севооборота на лугово-бурых почвах, выбрать культуры севооборота, рассчитать валовый сбор с учетом типом почв и прибыль от производства каждой культуры. Блок-схема расчетов по четвертому варианту приведена на рис.

2.7.

Автором при активном участии к.ф.-м.н. Г.И. Анжиной и З.А. Ведяшковой была составлена рабочая программа, позволяющая рассчитать продуктивность севооборота в рисоводческом хозяйстве на ЭВМ типа ЕС и на персональных компьютерах типа IBM.

Изменяя входные параметры модели, можно получить большое число различных вариантов продуктивности севооборота в конкретном специализированном хозяйстве и выбрать наиболее приемлемый из них в соответствии со степенью хозяйственной самостоятельности и биоклиматическими ресурсами территории, на которой располагается хозяйство.

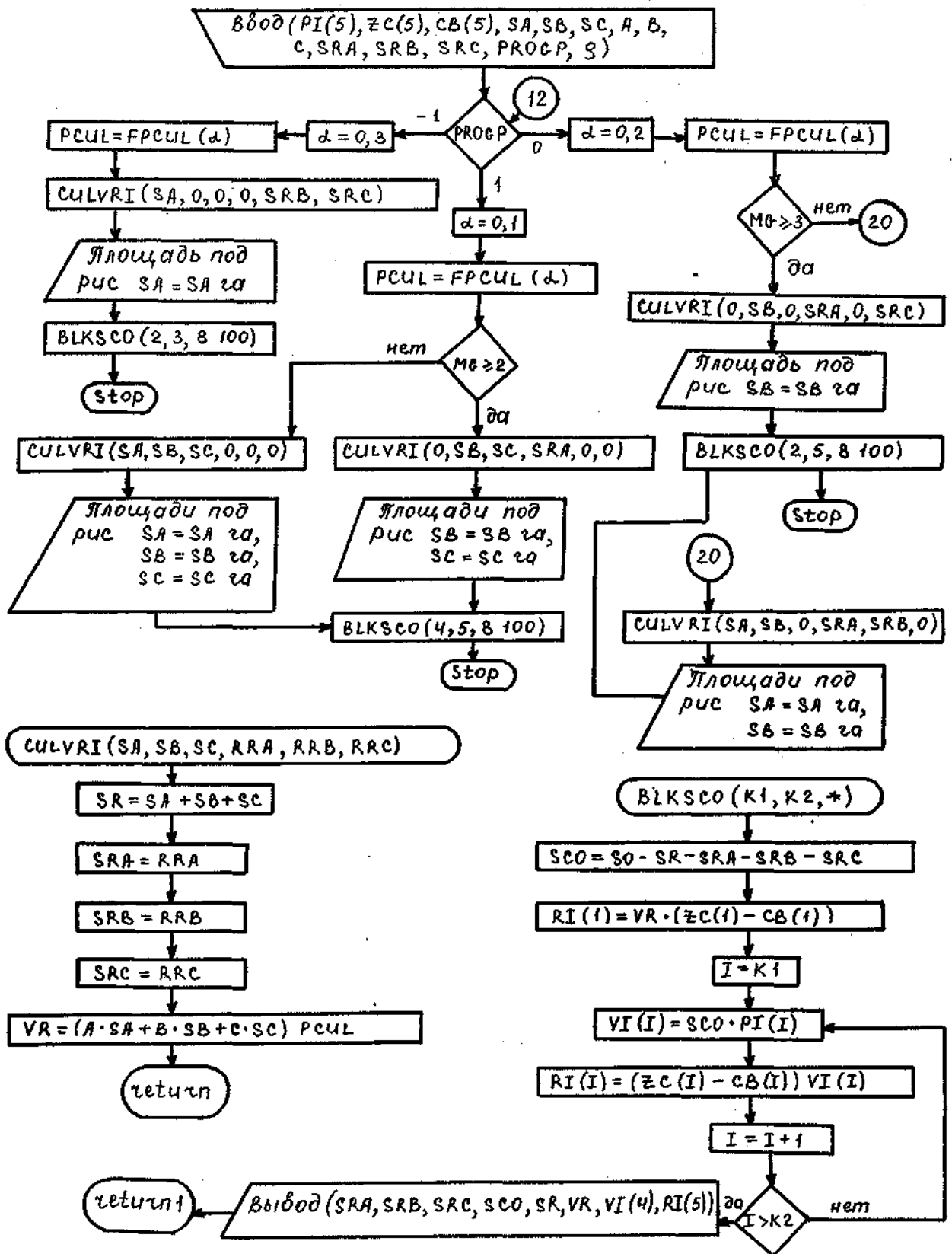


Рис. 2.7. Блок-схема расчета валового сбора и прибыли при четвертом варианте хозяйственной самостоятельности

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ОЦЕНКА ВКЛАДА СОСТАВЛЯЮЩИХ УРОЖАЙНОСТИ РИСА В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ РИСОСЕЯНИЯ

3.1. Основные районы рисосеяния

На территории СССР* рис впервые начали высевать в Средней Азии и на Кавказе. В начале XX века зона рисосеяния была ограничена 46° с.ш. Использование новых сортов риса и передовой агротехники возделывания позволило значительно продвинуть зону рисосеяния на север (до 48–50° с.ш.) – в низовья Волги, Амударьи, Сырдарьи, на Северный Кавказ и на Дальний Восток [112, 184, 211]. Продвижению риса на север также способствовало и то обстоятельство, что в южных сельскохозяйственных районах страны рис конкурирует с другими важнейшими культурами. Например, хлопком, который может успешно произрастать и созревать только в этих районах.

В истории развития рисосеяния наблюдался период незаслуженного снижения интереса к производству этой ценной крупяной культуры. Так, например, в 1960 г. посевная площадь риса составила всего 95,3 тыс. га, что в 2,8 раза меньше, чем в 1913 г. Такая тенденция наблюдалась во всех рисосеющих районах Советского Союза [112, 184].

За период с 1965 по 1985 гг. посевная площадь риса увеличилась в 7,1 раза и составила в 1985 г. 672 тыс. га. При этом валовой сбор увеличился в 13 раз – от 186,5 тыс. т (1960 г.) до 2572,4 тыс. т (1985 г.). Наибольшее количество риса в СССР производилось в Краснодарском крае и Казахстане (табл. 3.1). Практически одинаковый вклад в валовой сбор вносят Приморский край, Ростовская область и Дагестанская

* в границах 1991 г.

АССР. В целом, более северные районы зоны рисосеяния (Приморский край, Ростовская область и Поволжье) производят 13-15 % валового сбора зерна риса.

Таблица 3.1

Производство риса в XI пятилетке в % к общему
валовому сбору в СССР

| | | | |
|-----------------------|------|---|-----|
| 1. РСФСР | 46,9 | 6. Поволжье | 6,1 |
| 2. Краснодарский край | 28,2 | 7. Приморский край | 3,7 |
| 3. Казахстан | 24,7 | 8. Ростовская область | 3,2 |
| 4. Узбекистан | 18,1 | 9. Дагестанская АССР | 3,2 |
| 5. Украина | 6,2 | 10. Остальные районы возделывания риса | 6,6 |

При рассмотрении структуры валового сбора риса на территории РСФСР, установлено, что основной вклад (61 %) вносит Краснодарский край (табл. 3.2). Вклад самых северных районов (Ростовская область, Поволжье, Приморский край) составляет 28 %, т.е. около трети всего валового сбора риса в Российской Федерации.

Таблица 3.2

Производство риса в XI пятилетке в % к общему
валовому сбору в РСФСР

| | | | |
|-----------------------|------|-----------------------------|-----|
| 1. Ростовская область | 7,0 | 5. Приморский край | 8,0 |
| 2. Поволжье | 13,3 | 6. Калмыцкая АССР | 2,2 |
| 3. Краснодарский край | 61,0 | 7. Дагестанская АССР | 6,9 |
| 4. Ставрополье | 0,2 | 8. Чечено-Ингушская АССР | 1,4 |

Как показал анализ динамики производства риса [4, 8, 47, 136] до недавнего времени рисоводство развивалось в основном по пути экстенсивного земле- и водопользования,

вовлекая в хозяйственный оборот малопригодные засоленные и заболоченные земли. Новые методы хозяйствования требуют увеличения валового сбора риса в основном за счет интенсификации рисоводства, повышения уровня агротехники и более полного использования климатических факторов, влияние которых на урожай риса в большей мере проявляется у северной границы его возделывания.

В понятие "северная граница" возделывания риса разные авторы вкладывают неодинаковый смысл. Так, например, В.М. Просунко [184] полагает, что северная граница обеспеченности вегетационного периода риса проходит вдоль изолинии суммы активных температур (выше 10°C) $\geq 2000^{\circ}$. Г.А. Галкин и Ю.В. Зайцев [46, 83] считают, что Краснодарский край, где получают около 60 % всего валового сбора урожая риса в РСФСР, а суммы активных температур составляют $3\ 000\text{--}3\ 500^{\circ}\text{C}$ также расположен вблизи северной границы возделывания риса.

По сведениям, приведенным в [112], районы рисосеяния СССР предложено группировать в следующие климатические зоны. Первая зона — особо жаркая: средняя температура лета выше 25°C , сумма активных температур выше 10° ($\sum T$) — более $4\ 000^{\circ}$. В зону входят районы рисосеяния, расположенные в Азербайджанской, Таджикской и Узбекской ССР. Вторая зона — умеренно жаркая: средняя температура лета $22\text{--}25^{\circ}$, $\sum T$ — $3\ 000\text{--}4\ 000^{\circ}$. Охватывает районы рисосеяния Казахской ССР, южной части Украинской ССР, Северного Кавказа и Нижней Волги. Третья зона — теплая: средняя температура лета ниже 22° , $\sum T$ — $2\ 000\text{--}3\ 000^{\circ}$. Включает районы рисосеяния Дальнего Востока, центральные районы Украины и Среднее Поволжье.

Обобщая, приведенные исследования, к северным районам

рисосеяния следует отнести большую часть зоны рисосеяния РСФСР.

3.2. Простраственно-временная изменчивость и оценка вклада составляющих урожайности риса в северных районах рисосеяния

Тенденция роста урожайности сельскохозяйственных культур обусловлена постепенным повышением культуры земледелия на основе внедрения достижений науки и техники в практику сельскохозяйственного производства и определяется сложным комплексом взаимодействующих между собой факторов: химизации, семеноводства, агротехники, мелиорации, полезащитного лесоразведения, мероприятий по защите растений от вредителей и болезней, сорняков и др. Однако с ростом культуры земледелия усиливается связь урожаев с погодными условиями, возрастают абсолютные колебания урожайности, увеличивается их амплитуда [180, 184, 211, 214, 278].

Для выделения из временных рядов урожайности этих существенных факторов, Е.С. Улановой [213], А.Н. Полевым [178] предложено понятие "тенденция" или "трендовая составляющая урожайности". Выявление трендов необходимо как для оценки вклада составляющих, так и для прогноза урожая [108].

3.2.1. Выбор оптимальной трендовой составляющей урожайности риса

В агрометеорологических исследованиях [79, 111, 121, 179, 181, 184 и др.] урожайность (P_t) рассматривают как сумму двух основных составляющих: неслучайной или трендовой (E_t), обусловленной культурой земледелия и долгопе-

риодными колебаниями климата, и случайной составляющей (ΔP_t), которая определяется погодными особенностями конкретного года

$$P_t = E_t \pm \Delta P_t, \quad (3.1)$$

где t - время, годы.

Оценки трендов, широко применяемые в агрометеорологии, производят обычно путем сглаживания рядов урожайности различными способами и выравниванием аналитическими функциями. В последнем случае используется модификация метода наименьших квадратов [107]. Набор функций, с помощью которых аппроксимируют тренд в агрометеорологии, как правило, ограничен. Это линейная функция, полином второй степени и показательная функция. Другим методом сглаживания временных рядов является метод скользящего среднего. Он заключается в том, что из заданного временного ряда по формуле

$$E_t = \frac{1}{N} \sum_{k=-\frac{T-1}{2}}^{\frac{T-1}{2}} P_{t+k}, \quad (3.2)$$

где T - интервал осреднения, P_t - урожайность в момент t , получают новый сглаженный ряд E_t , в котором случайные колебания урожая, обусловленные погодой конкретного года, значительно смягчены.

Нами были исследованы трендовые составляющие урожая риса, описанные с помощью полиномов первого, второго, третьего порядка и скользящего среднего (рис. 3.1).

Выбор той или иной кривой для элиминирования трендовой составляющей может быть осуществлен на основе оценки основных статистических характеристик временных рядов. Для этого были рассчитаны: средние абсолютные отклонения урожая от тренда ($\overline{\Delta P}$)

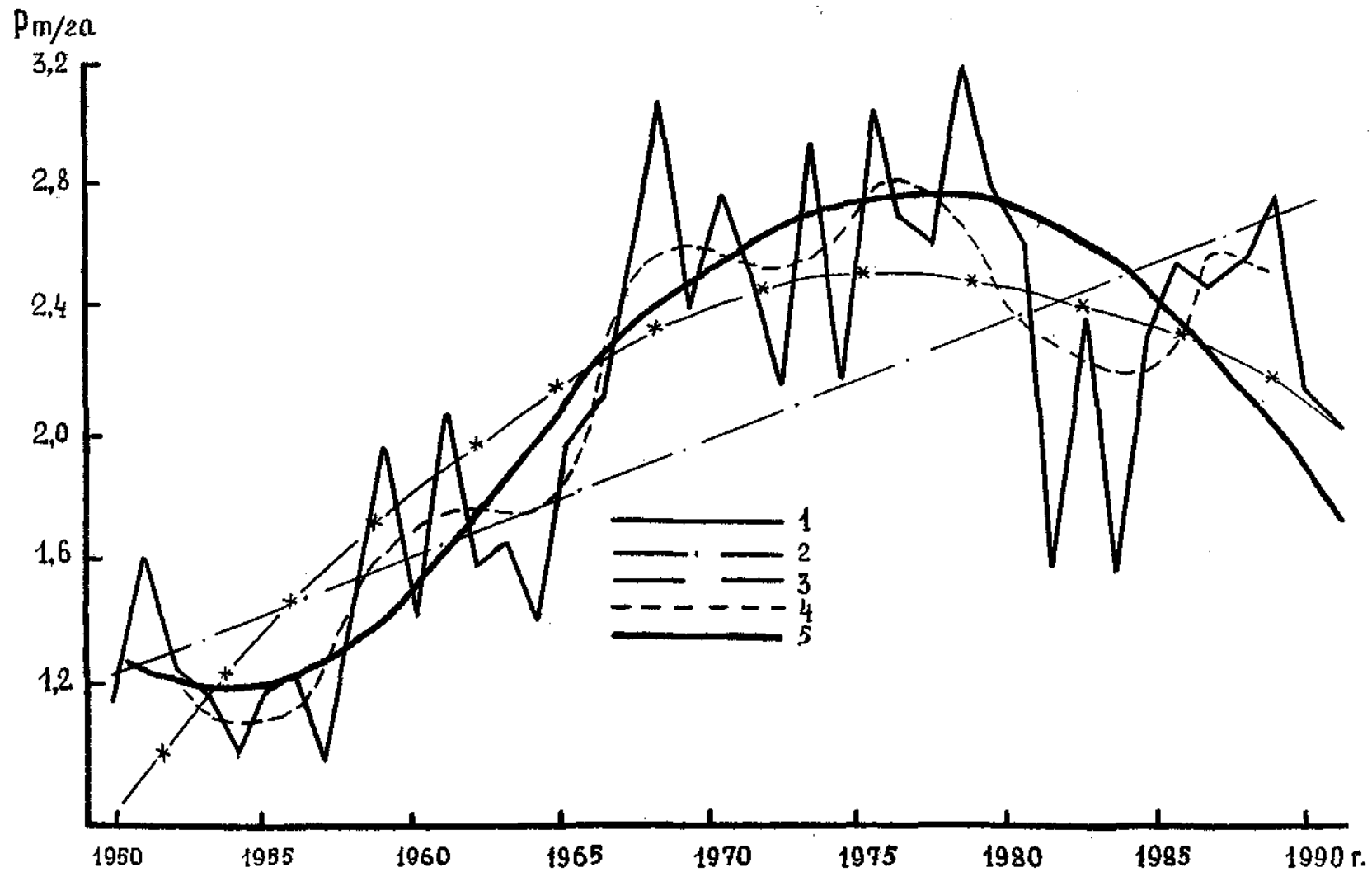


Рис. 3.1. Динамика урожайности риса в Приморье (1) и ее трендовая составляющая, аппроксимированная прямой (2), полиномом второй степени (3), скользящей средней по пятилетиям (4), полиномом третьей степени (5):

$$\overline{\Delta P} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |P_t - E_{tj}| \quad (3.3)$$

и средние квадратические отклонения (σ') по формулам несколько отличающимся от стандартных

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (P_t - E_{tj})^2}{N}}, \quad (3.4)$$

где N - длина выборки; P_t - урожайность, E_{tj} - трендовая составляющая, описанная j -ным полиномом ($j = 1, 2, 3, 4$).

Замена в формулах (3.3; 3.4) среднего для ряда урожаев на E_t вызвана тем, что при наличии положительного либо отрицательного тренда среднее квадратическое отклонение, рассчитанное по стандартной формуле, по мере увеличения угла наклона тренда, все менее точно описывает фактическую изменчивость ряда. Не прибегая к математическим выкладкам представим данное рассуждение с помощью иллюстрации (рис. 3.2).

Это имеет важное практическое значение при оценке прогноза урожайности сельскохозяйственных культур до сева или с большой заблаговременностью после посева, поскольку в качестве критериев при оценке прогноза согласно [125] выбираются величины равные $\pm 0,6376$ либо ± 6 .

Общей чертой характерной для всех трендов является увеличение изменчивости отклонений урожаев от трендов с увеличением объема исходной выборки. Так, для отклонений от по-

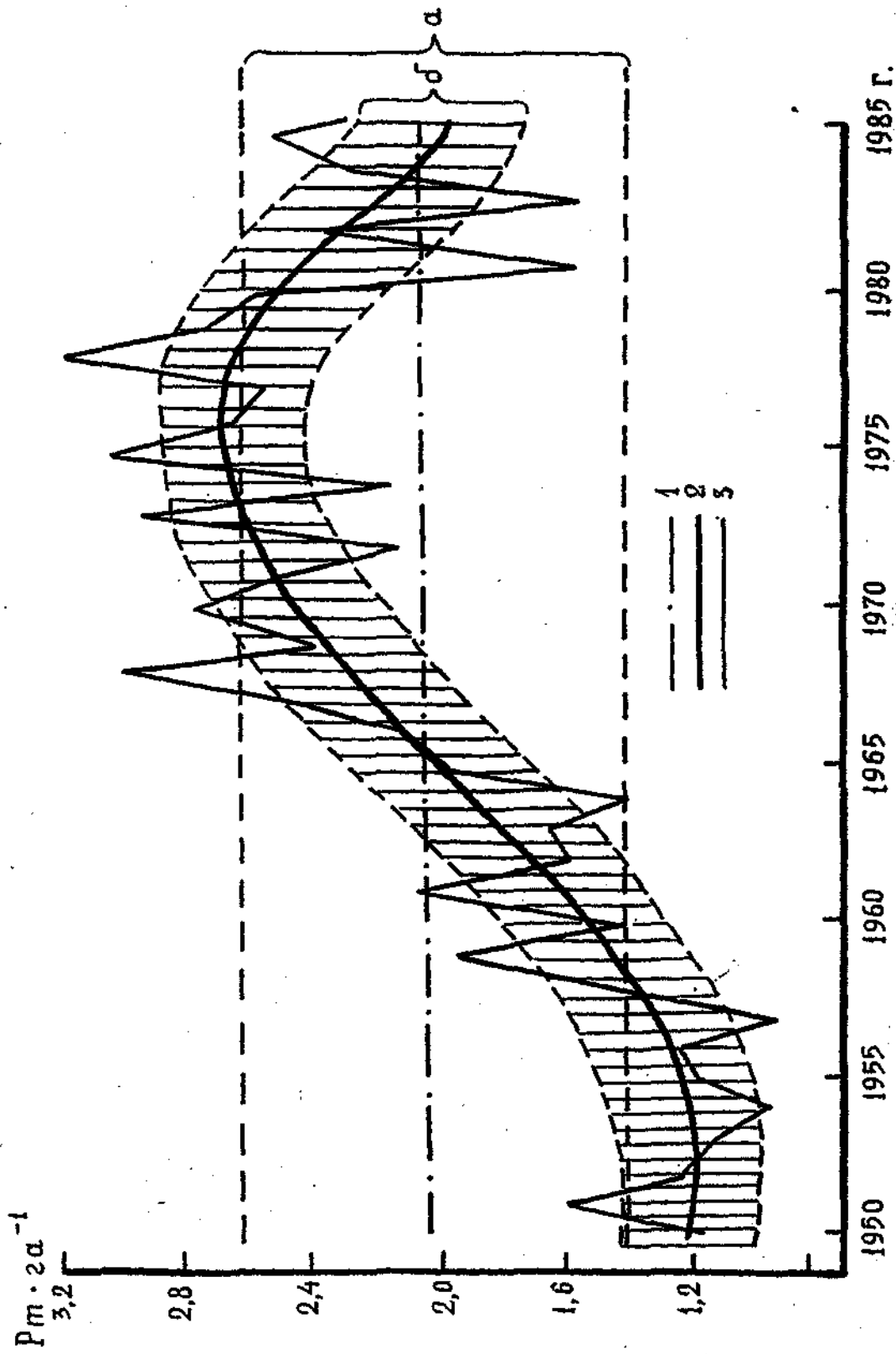


Рис. 3.2. К вопросу о точности расчета среднего квадратического отклонения урожая риса по стандартной формуле (область а) и по формуле (3.4) (область б).

Таблица 3.3

Коэффициенты полиномов первой, второй, третьей степеней, аппроксимирующих трендовую составляющую урожайности риса

| Территория | Коэффициенты полиномов | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|-------|------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|---------|-------|
| | Первой степ. | | Второй степени | | | Третьей степени | | | |
| | a | b | a | b | c | a | b | c | d |
| Приморский край | 0,069 | 0,909 | $0,185 \cdot 10^{-3}$ | 0,0633 | 0,940 | $-0,250 \cdot 10^{-3}$ | $0,118 \cdot 10^{-1}$ | -0,0833 | 1,350 |
| РСФСР | 0,099 | 1,493 | $-0,678 \cdot 10^{-3}$ | 0,119 | 1,390 | $-0,483 \cdot 10^{-3}$ | $0,203 \cdot 10^{-1}$ | -0,129 | 2,050 |
| Краснодарский край | 0,107 | 1,913 | $0,378 \cdot 10^{-2}$ | 0,08 | 2,420 | $-0,850 \cdot 10^{-3}$ | $0,395 \cdot 10^{-1}$ | -0,406 | 3,460 |
| Казахская ССР | 0,119 | 0,705 | $0,180 \cdot 10^{-2}$ | 0,0572 | 1,060 | $-0,224 \cdot 10^{-3}$ | $0,132 \cdot 10^{-1}$ | -0,101 | 1,540 |
| Узбекская ССР | 0,107 | 1,710 | $-0,702 \cdot 10^{-2}$ | 0,303 | 0,763 | $-0,107 \cdot 10^{-2}$ | $0,380 \cdot 10^{-1}$ | -0,210 | 2,070 |
| Украинская ССР | 0,180 | 0,956 | $-0,133 \cdot 10^{-2}$ | 0,490 | -0,542 | $-0,133 \cdot 10^{-2}$ | $0,448 \cdot 10^{-1}$ | -0,147 | 1,080 |
| Поволжье | 0,094 | 0,709 | $0,642 \cdot 10^{-3}$ | 0,0746 | 0,808 | $-0,557 \cdot 10^{-3}$ | $0,257 \cdot 10^{-1}$ | -0,231 | 1,640 |
| Ростовская область | 0,153 | 0,835 | $-0,854 \cdot 10^{-2}$ | 0,367 | -0,090 | $-0,116 \cdot 10^{-3}$ | $-0,421 \cdot 10^{-2}$ | 0,323 | 0,011 |
| Дагестанская АССР | 0,074 | 1,086 | $-0,818 \cdot 10^{-3}$ | 0,101 | 0,942 | $-0,265 \cdot 10^{-3}$ | $0,119 \cdot 10^{-1}$ | -0,649 | 1,420 |

линома третьей степени отмечено увеличение b' от 0,25 за период с 1950 по 1969 гг. до 0,29 за 1950–1978 гг. В то время как за период с 1950 по 1986 гг. b' составило 0,34 т/га. Наибольшие средние квадратические отклонения выявлены для полинома первой степени, которые принимают значения 0,37; 0,41; 0,48 т/га за соответствующие периоды лет. Для сравнения, b полученное по стандартной формуле за период с 1950 по 1986 гг. равно 0,66 т/га.

Расчет таких статистических характеристик меры рассеивания ряда урожайности как коэффициенты асимметрии (A) и эксцесса (ε) показал, что наиболее близко к нормальному закону распределяются отклонения урожаев от трендов E_3 (от полинома третьей степени) и E_4 (от скользящего среднего). Поскольку для целей прогноза использовать тренд, рассчитанный по скользящим пятилетиям не представляется возможным, то оптимальной кривой, позволяющей аппроксимировать трендовую составляющую урожайности риса является полином третьей степени.

Аналогичная процедура оценки и выбора оптимальной трендовой составляющей была осуществлена также и для урожайности риса в различных климатических районах его возделывания в Советском Союзе. Как показали проведенные расчеты, оптимальной трендовой составляющей урожайности, представленной аналитическими функциями, здесь также является полином третьей степени. Обращает на себя внимание тот факт, что минимум трендовой составляющей практически по всем исследуемым районам наблюдался в 1953–1954 гг., а максимум в середине или конце семидесятых годов (рис. 3.3–3.4). В табл. 3.3 приведены коэффициенты полиномов первой, второй,

$P_m \cdot \text{га}^{-1}$

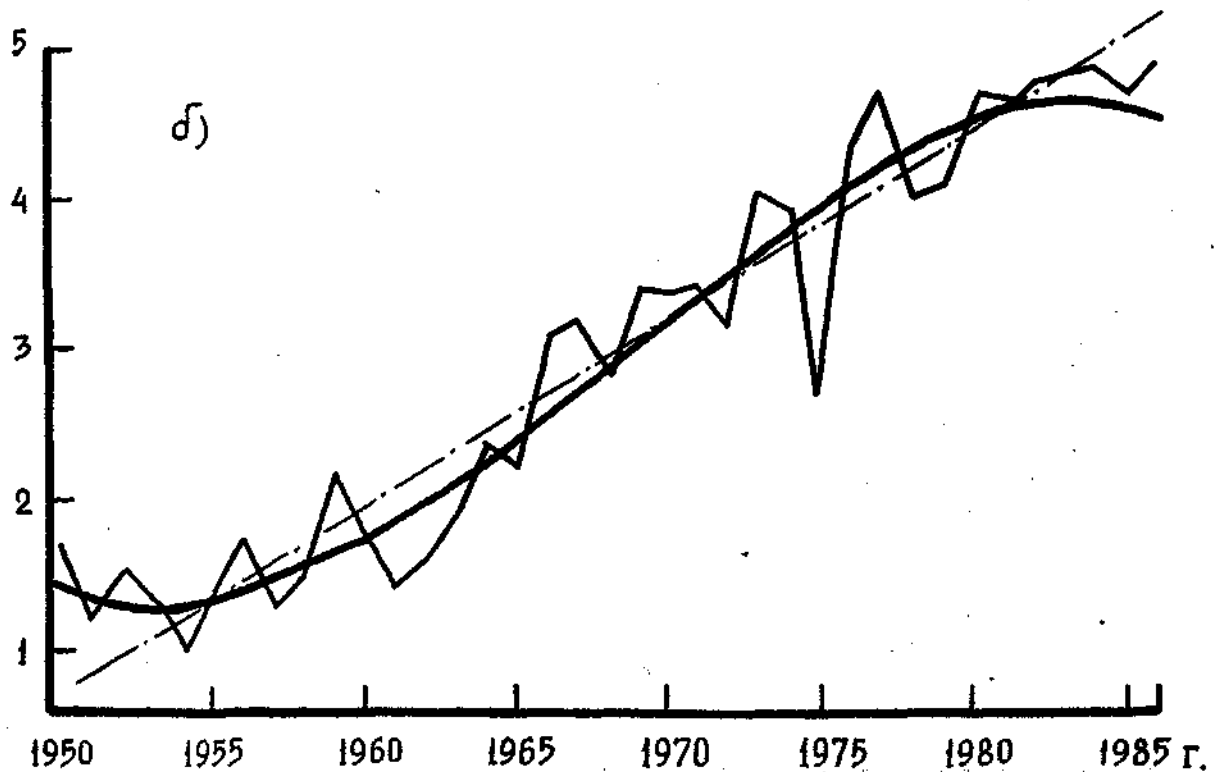
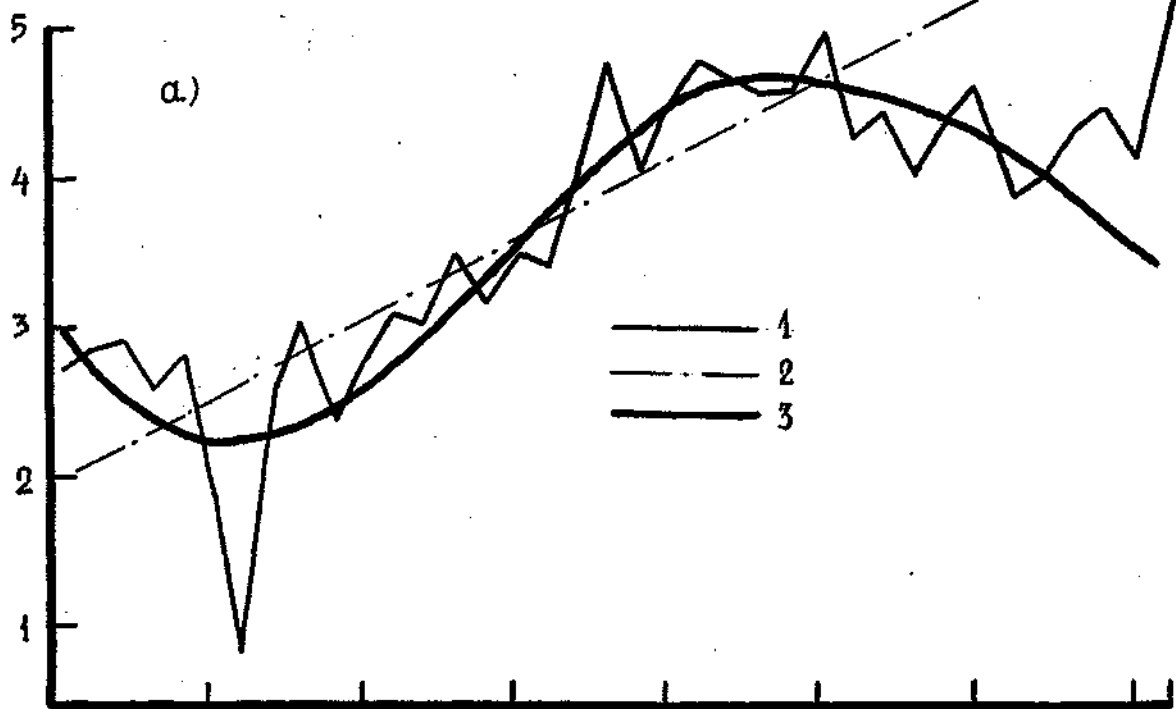


Рис. 3.3. Динамика урожайности риса (1) в Краснодарском крае (а), Казахстане (б) и аппроксимирующие ее трендовую составляющую прямая (2) и полином третьей степени (3).

$Pm \cdot 2a^{-1}$

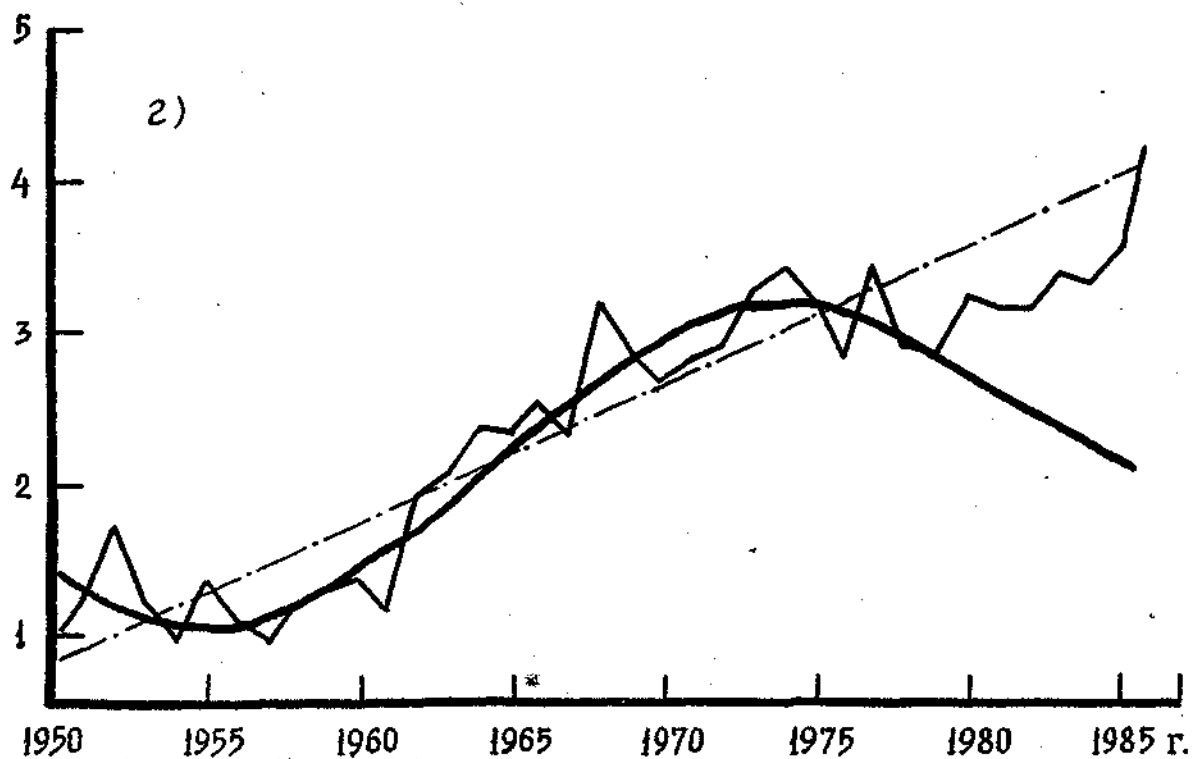
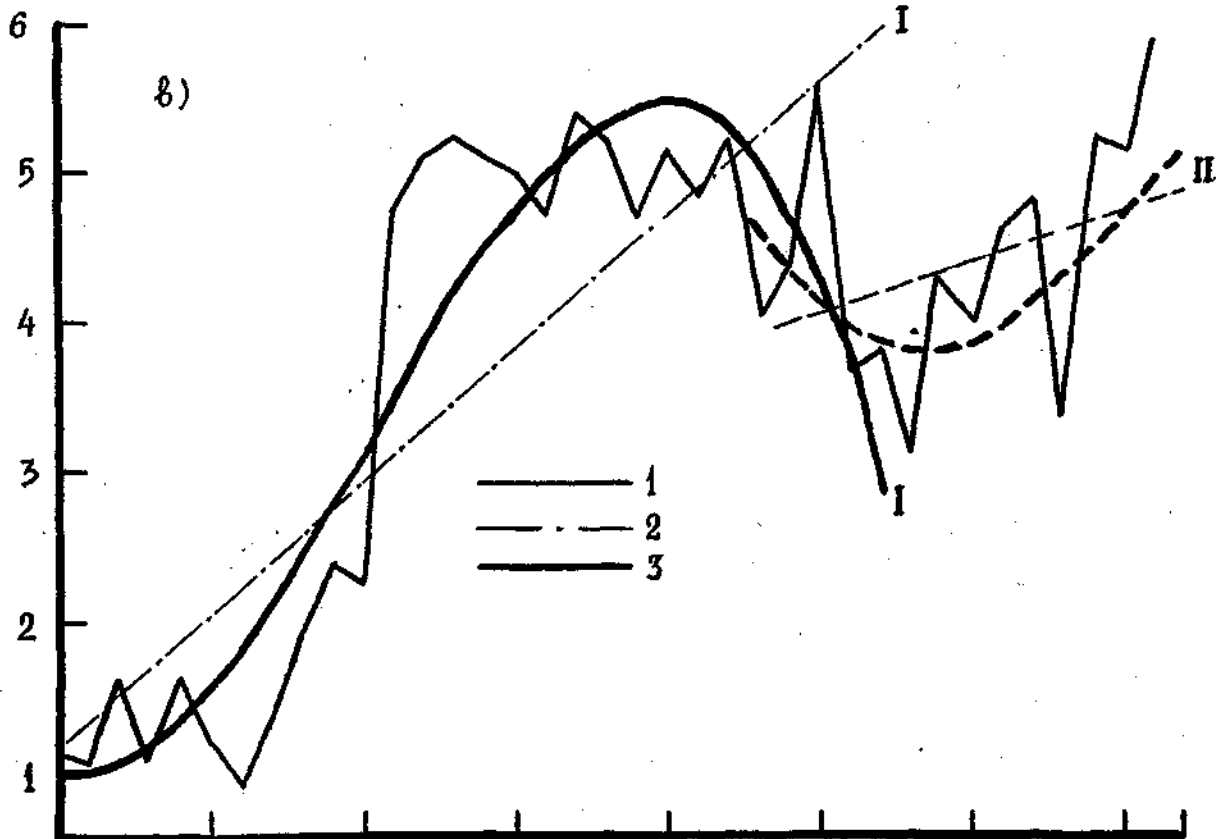


Рис. 3.4. Динамика урожайности риса (I) на Украине (а), в Нижнем Поволжье (б) и аппроксимирующие ее трендовую составляющую прямая (2) и полином третьей степени (3). Области определения аппроксимирующих функций: I - 1950-1976 гг., II - 1972-1986 гг.

третьей степеней для различных регионов рисосеяния страны. Проведенный корреляционный анализ между урожайностью риса в отдельных районах зоны рисосеяния (табл. 3.4) показал достаточно тесные зависимости между ними. Наиболее тесные корреляционные связи (коэффициент корреляции r) наблюдаются между урожаем риса: в Краснодарском крае и в Ростовской области ($r = 0,94$), и в Дагестанской АССР ($r = 0,92$); в Казахстане и в Узбекистане ($r = 0,91$); на Украине и в Ростовской области ($r = 0,93$). Связь между урожаями риса в районах непосредственно прилегающих к северной границе мирового ареала распространения (Ростовская область, Поволжье, Приморье) несколько ниже, r изменяются от 0,73 до 0,83.

Таким образом, оптимальным полиномом аппроксимирующим трендовую составляющую урожая риса в различных климатических зонах и районах Советского Союза является полином третьей степени. Величина B временных рядов урожая, имеющих положительный либо отрицательный тренд, и используемая для оценки прогноза должна рассчитываться не по стандартным формулам в отклонениях от средней величины ряда, а по формуле (3.4). В противном случае это будет приводить к ложным, завышенным оценкам прогноза случайной составляющей.

Установленная высокая корреляционная зависимость между урожайностью риса и квазисинхронность в наступлении минимумов и максимумов урожайности свидетельствует, на наш взгляд, о наличии крупномасштабной климатической флуктуации (по определению Г.В. Груза), которая охватывает практически всю зону рисосеяния.

3.2.2. Оценка вклада составляющих в формирование урожайности риса

Многофакторная зависимость урожая и взаимное влияние этих факторов делают задачу по оценке вклада составляющих урожая чрезвычайно сложной. Работы, посвященные разложению урожая по долям влияния основных факторов малочисленны.

Согласно исследованиям Е. Ласло [273] в шестидесятые годы в Венгрии вклад различных факторов в формирование урожая зерновых культур составил: агротехника - 64 %, условия погоды - 14 %, влияние почвы - 22 %. Однако, по мнению автора, при оптимальных погодных условиях около трети урожая может быть обусловлено погодой. Анализируя изменчивость урожая зерновых культур в США Дж. Маквиджи [278] установил, что за счет совершенствования технологии осуществляется 70-90 % изменчивости, а за счет погодных колебаний 5-25 %.

Доля урожая, обусловленная колебаниями погодных условий ΔP_t в конкретном году (t), может быть определена как

$$\Delta P_t = \frac{P_t - E_t}{E_t} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

где P_t - фактический урожай, E_t - урожай, обусловленный культурой земледелия и долгопериодными колебаниями климата (тренд).

Проведенная оценка вклада составляющих показала, что культура земледелия и влияние климата в зависимости от физико-географического района обеспечивает в среднем от 81 до 93 % урожая риса (табл. 3.5). В отдельные годы эта величина может быть значительно ниже средних значений (до 25 %). До-

Таблица 3.5

Вклад неслучайной (тренд, E_t) и случайной составляющих (ΔP_t) урожая риса

| № | Район рисо- сеяния | Средний урожай 1950- 1986 гг. | Трендовая составляющая урожая (E_t) | | | Случайная (метеорологическая) составляющая урожая (ΔP) | | | | | |
|----|--------------------------|--|--|----------|----------|--|--|---------------------|--|---------------------|--|
| | | | средняя % | min % | max % | Средние абсолютные значения ΔP | положительные отклонения ΔP | | отрицательные отклонения ΔP | | |
| | | | | | | | средние | максимальные | средние | максимальные | |
| 1. | РСФСР | 3,10 | 91 | 47 | 99 | $\frac{0,21}{8,6}$ | $\frac{0,19}{7,3}$ | $\frac{0,46}{11,0}$ | $\frac{0,21}{10,0}$ | $\frac{0,68}{53,0}$ | |
| 2. | Краснодар- ский край | 3,67 | 92 | 63 | 99 | $\frac{0,31}{8,2}$ | $\frac{0,27}{8,6}$ | $\frac{0,66}{21,0}$ | $\frac{0,35}{12,0}$ | $\frac{0,72}{23,0}$ | |
| 3. | Казахстан | 3,84 | 88 | 54 | 99 | $\frac{0,24}{12,0}$ | $\frac{0,25}{8,8}$ | $\frac{0,53}{24,0}$ | $\frac{0,30}{16,0}$ | $\frac{1,25}{46,0}$ | |
| 4. | Узбекистан | 2,83 | 93 | 77 | 99 | $\frac{0,25}{7,5}$ | $\frac{0,20}{6,0}$ | $\frac{0,49}{11,0}$ | $\frac{0,29}{9,3}$ | $\frac{0,74}{23,0}$ | |
| 5. | Украина | 3,73 | 81 | 25 | 99 | $\frac{0,49}{19,0}$ | $\frac{0,53}{15,0}$ | $\frac{1,17}{24,0}$ | $\frac{0,46}{28,0}$ | $\frac{1,11}{75,0}$ | |
| 6. | Поволжье | 2,39 | 89 | 68 | 99 | $\frac{0,20}{11,0}$ | $\frac{0,22}{9,7}$ | $\frac{0,55}{33,0}$ | $\frac{0,20}{11,3}$ | $\frac{0,45}{27,0}$ | |
| 7. | Приморский край | 2,00 | 87 | 59 | 99 | $\frac{0,25}{13,0}$ | $\frac{0,29}{15,0}$ | $\frac{0,72}{26,0}$ | $\frac{0,23}{14,5}$ | $\frac{0,60}{41,0}$ | |

Примечание: в числителе величина ΔP в т/га, в знаменателе - в %

ля изменчивости вследствие погодных условий, в среднем за год, изменяется от 7 до 19 %. По абсолютной величине средние ΔP , за исключением Украины и Краснодарского края, не превышают $\pm 0,25$ т/га.

Увеличение урожайности за счет благоприятных погодных условий может достигать 33 % (Поволжье), в среднем же положительные ΔP составляют от 6 (Узбекистан) до 15 % (Украина, Приморский край). Снижение урожайности ввиду неблагоприятных погодных условий ($-\Delta P$) практически по всем районам рисосеяния превышает величину положительных отклонений. Максимальные потери по этой причине могут быть более 1,0 т/га (Украина и Казахстан). Минимальные положительные и отрицательные ΔP не превышают ± 1 % урожайности.

3.3. Методика определения сопряженных по урожайности риса районов зоны рисосеяния

Отклонения урожая риса от тренда по основным районам возделывания в одни годы отмечаются синхронностью, в другие годы ΔP имеют противоположные знаки.

Вопрос о сопряженности величины и знака ΔP имеет важное практическое значение, т.к. позволит, в случае его успешного решения маневрировать посевными площадями в рамках всей зоны рисосеяния. На первом этапе решения этой проблемы необходимо определить сопряженные территории, которые возможно использовать для взаимной компенсации. Необходимым условием при ее решении является примерное равенство урожаев, рассматриваемых территорий.

Решить эту задачу можно при помощи матриц сопряженности знаков ΔP (табл. 3.6) по градациям: высокий урожай (+),

урожай около тренда (0) и низкий урожай (-). Высокоурожайными, за исключением Украины, считались годы в которых $\Delta P > 0,25$ т/га; около тренда годы с $\Delta P < \pm 0,25$ т/га; низкоурожайными - годы, когда $\Delta P < - 0,25$ т/га. Для территории Украины за количественный критерий ΔP принята величина 0,45 т/га.

Таблица 3.6

Общий вид матрицы сопряженности знаков отклонений урожайности риса от тренда (ΔP) для двух территорий

| Знак ΔP первого района | Знак ΔP второго района | | | Σ |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | n_{11} | n_{12} | n_{13} | n_{10} |
| 0 | n_{21} | n_{22} | n_{23} | n_{20} |
| - | n_{31} | n_{32} | n_{33} | n_{30} |
| Σ | n_{01} | n_{02} | n_{03} | N |

n_{11} , n_{22} , n_{33} - число случаев совпадения знаков "+", "0" и "-", соответственно; n_{13} , n_{31} - число случаев, когда в первом и во втором районах наблюдались противоположные знаки ΔP ; n_{21} , n_{23} - число случаев, когда в первом районе урожай около тренда, а во втором ΔP (n_{21}) или $-\Delta P$ (n_{23}); n_{12} и n_{32} - число случаев, когда во втором районе урожай около тренда, а в первом ΔP (n_{12}) или $-\Delta P$ (n_{32}); n_{10} , n_{01} - сумма числа случаев, когда в первом и во втором районах соответственно наблюдались положительные ΔP ; n_{20} , n_{02} - сумма числа случаев, когда урожай в первом и во втором районах около тренда; n_{30} , n_{03} - сумма числа случаев с отрицательными ΔP ; N - общее чис-

до случаев. После определения числа случаев различного сочетания знаков целесообразно указанную матрицу представить в вероятностной форме, для чего достаточно каждый ее член разделить на N .

Как показал анализ матриц сопряженности (табл. 3.7-3.9) в районах непосредственно прилегающих к северной границе зоны расселения Советского Союза, знаки ΔP урожая риса между Приморским краем и Поволжьем; Приморским краем и Ростовской областью; Ростовской областью и Поволжьем совпадают соответственно в 48 %, 20 % и 23 % случаев. Важное практическое значение для решения задачи выбора сопряженных территорий с целью маневрирования посевными площадями имеет вероятность осуществления случаев с обратными знаками ΔP , т.е. элементы матрицы n_{13} и n_{31} . Для вышеуказанных территорий такие случаи составили соответственно 12, 22 и 17 % случаев.

Сумма вероятностей этих элементов матриц между северными и южными районами расселения - Приморским краем и Казахстаном; Ростовской областью и Казахстаном (табл. 3.10) равна 13 и 33 % соответственно. Между южными районами расселения - Казахстаном и Узбекистаном (табл. 3.11) сумма n_{13} и n_{31} равна 4 % (один случай), а сумма элементов n_{11} , n_{22} ,

n_{33} - 30 %.

Таблица 3.10

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP урожайности риса
в Ростовской области и Казахстане

| Знак ΔP в Ростовской области | Знак ΔP в Казахстане | | | Σ |
|--------------------------------------|------------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | 4 | 11 | 16 | 31 |
| 0 | 4 | 28 | 8 | 40 |
| - | 17 | 12 | 0 | 29 |
| Σ | 25 | 51 | 24 | 100 |

Таблица 3.7

Матрица сопряженности (%) знаков отклонений урожайности
риса от тренда (ΔP) в Поволжье и Приморье

| Знак ΔP в Поволжье | Знак ΔP в Приморье | | | Σ |
|-------------------------------|----------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | 3 | 6 | 9 | 18 |
| 0 | 19 | 38 | 3 | 60 |
| - | 3 | 12 | 7 | 22 |
| Σ | 25 | 56 | 19 | 100 |

Таблица 3.8

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP урожайности риса
в Приморье и Ростовской области

| Знак ΔP в При- морском крае | Знак ΔP в Ростовской области | | | Σ |
|--|--------------------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | 4 | 8 | 12 | 24 |
| 0 | 20 | 16 | 20 | 56 |
| - | 10 | 10 | 0 | 20 |
| Σ | 34 | 34 | 32 | 100 |

Таблица 3.9

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP урожайности риса
в Ростовской области и Поволжья

| Знак ΔP в Рос- товской области | Знак ΔP в Поволжье | | | Σ |
|---|----------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | 0 | 19 | 13 | 32 |
| 0 | 12 | 19 | 4 | 35 |
| - | 4 | 25 | 4 | 33 |
| Σ | 16 | 63 | 21 | 100 |

Таблица 3. II

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP урожайности риса
в Казахстане и Узбекистане

| Знак ΔP в Казахстане | Знак ΔP в Узбекистане | | | Σ |
|---------------------------------|-------------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | |
| + | 4 | 21 | 0 | 25 |
| 0 | 12 | 26 | 12 | 50 |
| - | 4 | 21 | 0 | 25 |
| Σ | 20 | 68 | 12 | 100 |

Маневрирование посевными площадями целесообразно осуществлять между теми районами, для которых отношение f , рассчитанное по формуле

$$f = \frac{\sum (n_{13} + n_{31})}{\sum (n_{11} + n_{22} + n_{33})} \quad (3.6)$$

больше либо близко к единице. Чем ближе f к нулю, тем в меньшей степени целесообразно использовать данные территории для взаимной компенсации.

В наибольшей мере соответствуют для взаимной компенсации урожаев риса районы: Ростовская область - Казахстан ($f = 1,03$), Приморский край - Ростовская область ($f = 0,95$), Ростовская область - Поволжье ($f = 0,76$). В меньшей мере, климатической постановке задачи, для взаимной компенсации подходят районы - Краснодарский край - Украина ($f = 0,29$), Казахстан - Узбекистан ($f = 0,13$), Поволжье - Приморье ($f = 0,25$).

Таким образом, с помощью матриц сопряженности знаков ΔP можно получить не только данные о природной вероятнос-

ти осуществления градаций отклонений урожайности риса от трендовой составляющей, но и осуществить выбор сопряженных территорий зоны рисосеяния с целью взаимной компенсации отрицательных отклонений урожайности от тренда.

Важным путем стабилизации сбора сельскохозяйственной продукции является осуществление концепции биоклиматической взаимокompенсации [52, 74, 134].

В настоящее время известны два направления в решении задачи биоклиматической взаимокompенсации: на уровне использования климатической информации и долгосрочных прогнозов.

Пути решения задачи стабилизации валовых сборов сельскохозяйственной продукции в климатической постановке, т.е. в предположении, что распределение посевных площадей устанавливается однократно и ежегодная корректировка структуры посевов в соответствии со складывающимися агрометеорологическими условиями не производится, приведены в [23].
Хозяйственные решения, принятые потребителем метеорологической информации этого уровня, могут быть такими: решения о возделывании той или иной сельскохозяйственной культуры, строительстве ирригационных систем, создание новых хозяйств, переориентация существующих хозяйств на новые сельскохозяйственные культуры, либо на другую отрасль сельскохозяйственного производства.

Решение задачи взаимокompенсации второго уровня, которое предполагает ежегодное изменение структуры посевных площадей в зависимости от предполагаемых погодных условий предстоящего вегетационного периода, можно осуществить на основе долгосрочных прогнозов погоды (сезонных, месячных), либо на

основе прогноза урожайности культуры до посева.

Исходными условиями поставленных задач являются наличие в хозяйстве двух или нескольких культур либо сортов, различающихся скороспелостью. Основными сельскохозяйственными культурами рисовых севооборотов, рекомендуемых для Приморского края [124, 135, 136, 204] являются: овес, ячмень, соя. Для выявления возможности взаимокompенсации, с точки зрения продуктивности культур, на первом этапе необходимо установить наличие и характер связи между указанными культурами при помощи корреляционного анализа, а затем оценить коэффициенты корреляции на статистическую значимость. Наилучшими, с позиций взаимокompенсации, будут те пары культур коэффициент корреляции между которыми будет отрицательный.

Структура таких зависимостей может быть также показана при помощи матрицы (табл. 3.6), используемой для определения сопряженных территорий по урожайности риса. Элементами матрицы будут являться знаки отклонения урожайности риса и культур его севооборота от тренда. Наилучшими с точки зрения компенсации являются культуры, для которых отношение f , рассчитанное по формуле (3.6), больше либо близко к единице.

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОГОДНЫХ АНОМАЛИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РИСА И КУЛЬТУР ЕГО СЕВООБОРОТОВ

4.1. Изменчивость климата зоны рисосеяния за период инструментальных наблюдений и оценка его влияния на продуктивность риса

Исследование климатических особенностей за длительные промежутки времени (сто и более лет) необходимо для выработки стратегий, которые обеспечили бы нивелирование последствий возможных изменений климата на сельскохозяйственное производство и другие отрасли народного хозяйства (см. главу I) [37, 123, 144, 178, 195, 243, 263, 307 и др.] .

При исследованиях колебаний климата большинство авторов ограничиваются изучением колебаний температуры воздуха. В [61] проведен анализ колебаний среднегодовой температуры воздуха, выявлены месячные и сезонные флуктуации, сопоставлены и проанализированы результаты аналогичных исследований других авторов. Подтверждена реальность полушарного потепления начала XX века. Потепление северного полушария было максимальным в конце 1930-х годов в среднегодовых, весенних, летних и осенних значениях. После этого максимума началось общее похолодание, которое продолжалось до 1960-х годов в среднегодовых значениях и во всех сезонах, и до конца 1970-х осенних температурах. Однако, в течение этого периода отмечаются и промежуточные (около 10 лет) флуктуации: в частности потепление в конце 1950-х, проявившееся во всех сезонах. В семидесятых годах отмечено новое потепление, но время его наступления колеблется от одного сезо-

на к другому: от середины до конца 1960-х годов зимой и весной, в середине 1970-х годов осенью, а летом еще позже. Годовые температуры между 1971 и 1979 гг. показали заметный пилообразный характер, уникальный за период наблюдений, что отмечает 1970-е года как десятилетие необычайной межгодовой изменчивости. Последняя закономерность выявлена и в других исследованиях [1, 13, 35, 53, 87, 127, 141 и др.] .

Каким же образом изменялся температурный режим на территории северных районов рисосеяния и, в частности, в Приморском крае за последние сто лет? Характеризуется ли он теми же особенностями, что установлены для большинства регионов северного полушария либо имеет свои отличительные черты?

К сожалению, в Приморском крае только одна гидрометеорологическая станция (ГМС) имеет метеорологические наблюдения с 1881 г. (г. Владивосток) и на шести ГМС наблюдения ведутся с 1913 г. В табл. 4.1-4.4 представлены основные статистические характеристики временных рядов температуры воздуха по указанным ГМС за существующий на них период инструментальных наблюдений до 1985 г.

При анализе средних месячных июньских температур (табл. 4.1) обращает на себя внимание тот факт, что абсолютный минимум по всем относительно равномерно расположенным ГМС наблюдался в 1983 г., а абсолютный максимум, за исключением Владивостока - в 1946 г. Размах температур по станциям изменяется от $5,2^{\circ}\text{C}$ (Владивосток) до $7,7^{\circ}\text{C}$ (Спасск-Дальний, Пограничный). Коэффициент асимметрии (A) на большинстве ГМС имеет отрицательный знак за исключением Тимирязевского и Спасска-Дальнего. Судя по величине A можно говорить в первом приближении о близости закона распределения средних месячных июньских температур к нормальному (гаусовскому) зако-

Таблица 4.1

Основные статистические характеристики изменчивости средней месячной температуры воздуха
в июне по отдельным гидрометеорологическим станциям Приморского края ($^{\circ}\text{C}$)

| № | Гидрометеорологические станции | (T_{min}) | (T_{max}) | $T_{max}-T_{min}$ | \bar{T} | M_e | M_o | (δ) | A | ϵ | C_v |
|----|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------|-----------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|
| 1. | Владивосток | 10,8 1983 | 16,0 1982 | 5,2 | 13,9 | 13,7 | 13,8 | 1,00 | -0,57 | 1,20 | 0,072 |
| 2. | Фурманово | 10,1 1983 | 17,6 1946 | 7,5 | 14,4 | 14,2 | 14,0 | 1,25 | -0,37 | 1,23 | 0,083 |
| 3. | Пограничный | 12,9 1983 | 20,6 1946 | 7,7 | 16,7 | 16,5 | 16,5 | 1,33 | -0,07 | 0,83 | 0,078 |
| 4. | Тимирязевский | 12,3 1983 | 19,4 1946 | 7,1 | 15,6 | 15,5 | 15,6 | 1,15 | 0,16 | 1,18 | 0,077 |
| 5. | Анучино | 13,9 1983 | 19,9 1946 | 6,0 | 17,0 | 16,9 | 16,9 | 1,11 | -0,01 | 0,26 | 0,065 |
| 6. | Спасск-Дальний | 13,8 1983 | 21,5 1946 | 7,7 | 17,6 | 17,4 | 17,4 | 1,22 | 0,09 | 1,21 | 0,068 |
| 7. | Дальнереченск | 13,7 1983 | 20,0 1946 | 6,3 | 17,3 | 17,2 | 17,8 | 1,10 | -0,11 | 0,60 | 0,640 |

Примечание. Условные обозначения: T_{min} - абсолютный минимум температуры; T_{max} - абсолютный максимум температуры; $T_{max} - T_{min}$ - интервал между ними; \bar{T} - средняя многолетняя температура; M_e - медиана; M_o - мода; (δ) - среднее квадратическое отклонение;

A - коэффициент асимметрии; ϵ - коэффициент эксцесса; C_v - коэффициент вариации.

Таблица 4.2

Основные статистические характеристики изменчивости средней месячной температуры воздуха
в июле по отдельным гидрометеорологическим станциям Приморского края

| № | Гидрометеорологические станции | Статистические характеристики, °С | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------|-----------|-------|-------|--------------|-------|------------|-------|
| | | (T_{min}) | (T_{max}) | $T_{max}-T_{min}$ | \bar{T} | M_e | M_o | (σ) | A | ϵ | C_v |
| 1. | Владивосток 1913, 1950 1924 | 15,4 | 21,3 | 6,5 | 18,7 | 18,5 | 18,4 | 1,3 | -0,33 | -0,13 | 0,07 |
| 2. | Фурманово 1913, 1945 1924 | 15,0 | 22,8 | 7,8 | 18,8 | 18,5 | 18,4 | 1,5 | -0,19 | 0,13 | 0,08 |
| 3. | Пограничный 1913 1924 | 17,6 | 24,1 | 6,5 | 20,7 | 20,7 | 20,8 | 1,4 | -0,23 | -0,40 | 0,07 |
| 4. | Тимирязевский 1913 1924 | 16,8 | 23,3 | 6,5 | 20,0 | 19,9 | 20,7 | 1,4 | -0,25 | -0,24 | 0,07 |
| 5. | Анучино 1913 1919, 1924 | 17,5 | 24,2 | 6,7 | 21,1 | 21,2 | 21,4 | 1,3 | -0,20 | 0,30 | 0,06 |
| 6. | Спасск-Дальний 1913 1930, 1955 | 18,0 | 23,9 | 5,9 | 21,6 | 21,6 | 21,4 | 1,3 | -0,48 | -0,03 | 0,06 |
| 7. | Дальнереченск 1913 1933 | 17,8 | 23,4 | 5,6 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 1,2 | -0,40 | -0,14 | 0,06 |

Условные обозначения см. в табл. 4.1

Таблица 4.3

Основные статистические характеристики изменчивости средней месячной температуры воздуха в августе по отдельным гидрометеорологическим станциям Приморского края

| № | Гидрометеорологические станции | Статистические характеристики, °С | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------|-------|-------|--------------|-------|------------|-------|
| | | (T_{min}) | (T_{max}) | $\frac{T_{max}-T_{min}}$ | \bar{T} | M_e | M_o | (σ) | A | ϵ | C_v |
| 1. | Владивосток | 18,6 1941 | 23,6 1950 | 5,0 | 21,1 | 20,9 | 20,9 | 1,11 | 0,13 | -0,63 | 0,05 |
| 2. | Фурманово | 16,8 1980 | 21,7 1924 | 4,9 | 19,1 | 18,9 | 19,7 | 1,22 | 0,18 | -0,72 | 0,06 |
| 3. | Пограничный | 17,9 1956 | 23,1 1944 | 5,2 | 20,7 | 20,6 | 22,8 | 1,23 | -0,01 | -0,54 | 0,06 |
| 4. | Тимирязевский | 18,9 1941 | 23,3 1938 | 4,4 | 20,9 | 20,8 | 21,2 | 1,07 | 0,37 | -0,67 | 0,05 |
| 5. | Анучино | 18,7 1976 | 23,5 1938, 1949 | 4,8 | 21,0 | 21,4 | 22,0 | 1,18 | 0,28 | 0,64 | 0,05 |
| 6. | Спасск-Дальний | 18,8 1971 | 25,4 1949 | 6,6 | 21,3 | 21,0 | 20,9 | 1,22 | 0,56 | 0,84 | 0,06 |
| 7. | Лесозаводск | 18,0 1976 | 24,1 1949 | 6,1 | 20,5 | 20,3 | 20,4 | 1,16 | 0,65 | 0,72 | 0,06 |

Условные обозначения см. в табл. 4.1

Таблица 4.4

Основные статистические характеристики изменчивости средней летней температуры воздуха

| № | Гидрометеорологические станции | Статистические характеристики, °C | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|-----------|-------|-------|--------------|-------|------------|-------|
| | | (T_{min}) | (T_{max}) | $\frac{T_{max}-T_{min}}$ | \bar{T} | M_e | M_o | (δ) | A | ϵ | C_v |
| 1. | Владивосток | 15,7 | 20,1 | 4,4 | 17,9 | 18,0 | 17,7 | 0,9 | -0,36 | -0,45 | 0,05 |
| | | 1954 | 1950 | | | | | | | | |
| 2. | Фурманово | 13,6 | 19,8 | 6,2 | 17,5 | 17,3 | 18,0 | 1,0 | -0,51 | 1,42 | 0,06 |
| | | 1945 | 1974 | | | | | | | | |
| 3. | Пограничный | 17,4 | 21,7 | 4,3 | 19,4 | 19,3 | 20,4 | 1,0 | 0,15 | -0,69 | 0,05 |
| | | 1983 | 1946 | | | | | | | | |
| 4. | Тимирязевский | 16,7 | 20,9 | 4,2 | 18,9 | 18,9 | 19,5 | 0,9 | -0,05 | -0,27 | 0,05 |
| | | 1954 | 1950 | | | | | | | | |
| 5. | Анучино | 17,3 | 21,7 | 4,4 | 19,5 | 19,4 | 19,9 | 0,9 | 0,01 | -0,32 | 0,05 |
| | | 1974 | 1924 | | | | | | | | |
| 6. | Спасск-Дальний | 18,1 | 22,5 | 4,4 | 20,1 | 20,1 | 20,5 | 0,9 | 0,15 | -0,03 | 0,04 |
| | | 1983 | 1946 | | | | | | | | |
| 7. | Лесозаводск | 17,5 | 21,4 | 3,9 | 19,7 | 19,6 | 19,8 | 0,8 | 0,08 | -0,12 | 0,04 |
| | | 1913 | 1938 | | | | | | | | |

Условные обозначения см. в табл. 4.1

ну на всех станциях кроме Фурманово ($A = -0,37$) и Владивостока ($A = -0,57$). Наличие таких коэффициентов асимметрии говорит о существовании значительных отрицательных отклонений средней месячной температуры от средней многолетней ($-\Delta \pm ^\circ\text{C}$), а вероятность их осуществления больше, чем положительных отклонений. Так, для Владивостока наибольшее отрицательное отклонение равно $-3,1^\circ\text{C}$, а наибольшее положительное $2,1^\circ\text{C}$. Вероятность осуществления отрицательных аномалий равна 56 %, положительных 44 %. В то же время ГМС Тимирязевский и Спасск-Дальний за инструментальный период чаще наблюдаются положительные A . Коэффициент эксцесса (ε) на всех ГМС в июне имеет положительный знак, что свидетельствует о некоторой островершинности распределения. Такая характеристика рассеивания статистического ряда относительно среднего значения как среднее квадратическое отклонение (σ) несущественно различается по станциям. Сопоставление изменчивости рядов температуры воздуха с помощью нормированного коэффициента вариации (C_v) показало, что наиболее устойчивы температуры на более континентальных станциях (Спасск-Дальний, Анучино, Дальнереченск), чем на расположенных непосредственно на морском побережье (Владивосток, Фурманово).

В июле (табл. 4.2) абсолютный минимум наблюдается по всем ГМС в 1913 г., а максимум — преимущественно в 1924 г. Отличительной особенностью июльских средних месячных температур является наличие отрицательных коэффициентов асимметрии на всех исследуемых станциях. Коэффициенты эксцесса в июле незначительно отличаются от нуля.

Для августовских и средних летних температур (табл. 4.3 и 4.4) абсолютные максимум и минимум наблюдались в различные

годы в отличие от июньских и июльских температур. Коэффициенты асимметрии в августе практически на всех станциях положительны и, в некоторых случаях, значительно отличаются от нуля. Так, для Спасска-Дальнего и Дальнереченска λ соответственно равен 0,56 и 0,65. Для первой из названных станций наибольшее положительное Δt составило $4,2^{\circ}\text{C}$, а отрицательное $-\Delta t = -2,4^{\circ}\text{C}$. На континентальных станциях $\varepsilon > 0$ (островешинная кривая распределения), а на остальных станциях $\varepsilon < 0$ (плосковершинная кривая), что свидетельствует о широком диапазоне аномалий температуры воздуха с одинаковой вероятностью. Средние квадратические отклонения и коэффициенты вариации несущественно отличаются по ГМС.

Таким образом распределение средних месячных и средней летней температур воздуха по исследуемым станциям является близким к нормальному закону распределения.

Особое внимание при анализе табл. 4.1-4.4 необходимо обратить на широтное распределение средних месячных и средней летней температур. Самой южной из рассматриваемых станций является Владивосток, а с ростом порядкового номера ГМС увеличивается и широта места станций. В табл. 4.5 приведены широтные градиенты ($\Delta t / 100 \text{ км}$) средних месячных и летней температур.

Оказалось, что $\Delta t / 100 \text{ км}$ между пунктами Владивосток-Тимирязевский и Владивосток-Спасск-Дальний в июне имеют отрицательный знак и составляют около $2^{\circ} / 100 \text{ км}$, то есть по мере продвижения к югу температура воздуха не растет как во всех районах северного полушария, а убывает на 2°C каждые 100 км. Широтный градиент средней июньской температуры Владивосток-Дальнереченск имеет также отрицательный знак, но по

абсолютной величине вдвое меньше и равен $1,1^{\circ}/100$ км. Центральным пунктом на оси разреза Владивосток-Дальнереченск, где широтные градиенты имеют в южном и северном направлениях отрицательный знак является Спасск-Дальний.

Таблица 4.5

Широтные градиенты средней месячной температуры воздуха ($\Delta t^{\circ}C/100$ км) вдоль меридионального разреза Владивостока-Дальнереченск

| Месяц | Владивосток-Тимирязевский | Тимирязевский - Спасск-Дальний | Спасск-Дальний - Дальнереченск | Владивосток - Спасск-Дальний | Владивосток - Дальнереченск |
|--|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Июнь | -2,0 | -2,0 | 0,2 | -2,0 | -1,0 |
| Июль | -1,5 | -1,6 | 0,2 | -1,5 | -0,7 |
| Август | 0,2 | -0,4 | 0,5 | -0,1 | 0,2 |
| Средняя летняя температура воздуха (У1-УШ) | -0,7 | -1,5 | 0,2 | -1,1 | -0,5 |

Аналогичные зависимости установлены для июльских и средней летней температур с тем отличием, что абсолютные величины широкого градиента температуры меньше, чем в июне.

В августе различия в температурах между станциями значительно уменьшаются и не превышают $0,8^{\circ}C$, а $\Delta t/100$ км составляют менее $0,2^{\circ}/100$ км. Следовательно в этот период, во второй стадии летнего дальневосточного муссона, температурный режим исследуемого района однороден, однако самой теплой станцией по-прежнему остается ГМС Спасск-Дальний.

Такое распределение широтного градиента температуры воздуха опровергает общепринятое понятие "южный" и "северный" район по географической классификации. В летний пери-

од времени, особенно в первую половину вегетации сельскохозяйственных культур южные районы Приморского края оказываются более холодными и, наоборот, более северные территории (район между Спасском-Дальним и Дальнереченском) оказываются самыми теплыми в крае.

Объясняется обратное направление широтного градиента температуры воздуха в Приморье особенностями климатообразования, в частности, муссонной циркуляцией и рельефом местности. Согласно экспертным оценкам [31, 285, 294 и др.] увеличение содержания CO_2 в атмосфере в ближайшие десятилетия приведет к повышению температуры воздуха на 1°C и более, что окажет большое влияние на хозяйственную деятельность. В связи с этим возникает вопрос о том, существовала ли подобная ситуация в прошлом на территории Приморского края? То есть, повышалась ли постоянно из года в год средняя месячная температура воздуха хотя бы за период инструментальных наблюдений? Ответить на этот вопрос можно, определив линейные тренды временных рядов средней месячной температуры воздуха. Для этой цели рассчитывались уравнения регрессии

$$y = ax + b,$$

где a и b — коэффициенты уравнения, x — номер года от 1 до N (N — длина выборки). Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 4.6 и на рис. 4.1-4.5.

Оказалось, что по всем исследуемым длиннорядным станциям, за инструментальный период произошло значительное повышение средних месячных температур в апреле и мае. Например, в Тимирязевском (рис. 4.3) в среднем за год майские температуры увеличивались на $0,0276^\circ\text{C}$ в год, за 75 лет (с 1911 до 1986 гг.) это составило $2,07^\circ\text{C}$. Во Владивостоке (рис. 4.1) майские температуры воздуха за 105 лет (с 1881 по 1986

Таблица 4.6

Характеристика уравнений регрессии, при помощи которых аппроксимируются линейные тренды средних месячных температур воздуха

| № | ГМС (длина ряда) | Коэффициенты уравнений регрессии | | Коэффициент корреляции (r) | Месяц |
|--------|---------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------|
| | | a | b | | |
| 1. | Тимирязевский (75 лет) | 0,0199 | 4,21 | 0,37 | апрель |
| | | 0,0276 | 10,20 | 0,56 | май |
| | | 0,0076 | 15,33 | 0,14 | июнь |
| | | 0,0084 | 19,67 | 0,13 | июль |
| | | 0,0019 | 20,77 | 0,03 | август |
| | | 0,0024 | 14,85 | 0,05 | сентябрь |
| | | -0,0003 | 7,01 | -0,01 | октябрь |
| 0,0210 | 2,21 | 0,59 | средняя за год | | |
| 2. | Пограничный (77 лет) | 0,0172 | 4,77 | 0,21 | апрель |
| | | 0,0138 | 11,65 | 0,25 | май |
| | | -0,0067 | 16,92 | -0,11 | июнь |
| | | -0,0078 | 21,02 | -0,12 | июль |
| | | -0,0017 | 21,52 | -0,01 | август |
| | | -0,0038 | 14,46 | -0,09 | сентябрь |
| | | -0,0079 | 6,83 | -0,16 | октябрь |
| 3. | Астраханка (55 лет) | 0,0219 | 3,92 | 0,28 | апрель |
| | | 0,0269 | 11,02 | 0,38 | май |
| | | 0,0161 | 16,10 | 0,20 | июнь |
| | | 0,0138 | 20,23 | 0,15 | июль |
| | | -0,0086 | 21,08 | -0,10 | август |
| | | -0,0082 | 15,03 | -0,15 | сентябрь |
| | | -0,0118 | 7,09 | -0,18 | октябрь |
| 0,0169 | 3,11 | 0,39 | год | | |

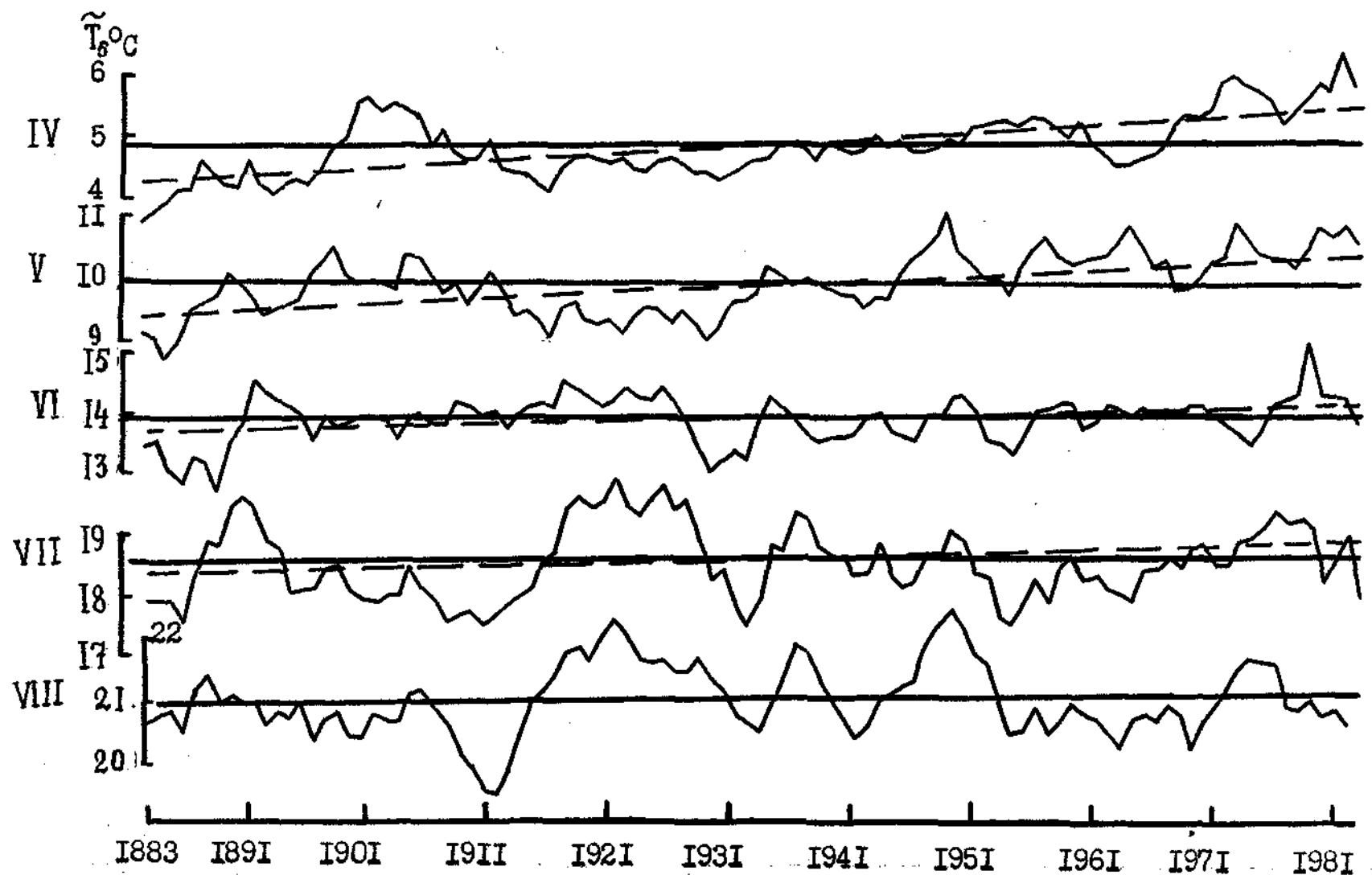


Рис. 4.1. Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средней месячной температуры воздуха (\tilde{T}_5) за апрель-август (IV-VIII), линейный климатический тренд (---), средние многолетние (—) по Владивостоку за период с 1881 по 1985 гг.

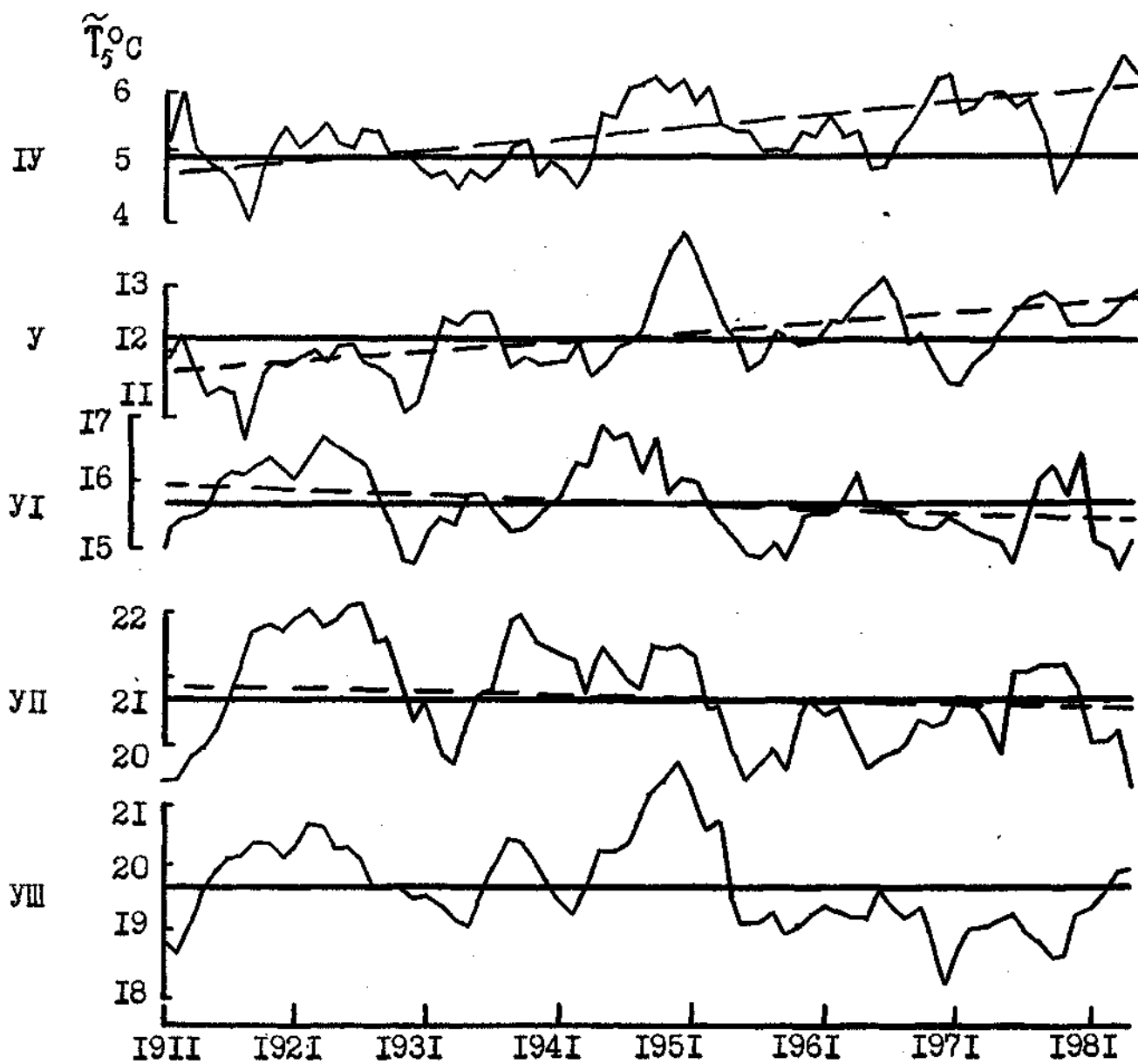


Рис. 4.2. Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средней месячной температуры воздуха (\tilde{T}_5) за апрель-август (IV-VIII), линейный климатический тренд (---), средние многолетние (—) по Пограничному за период с 1909 по 1985 гг.

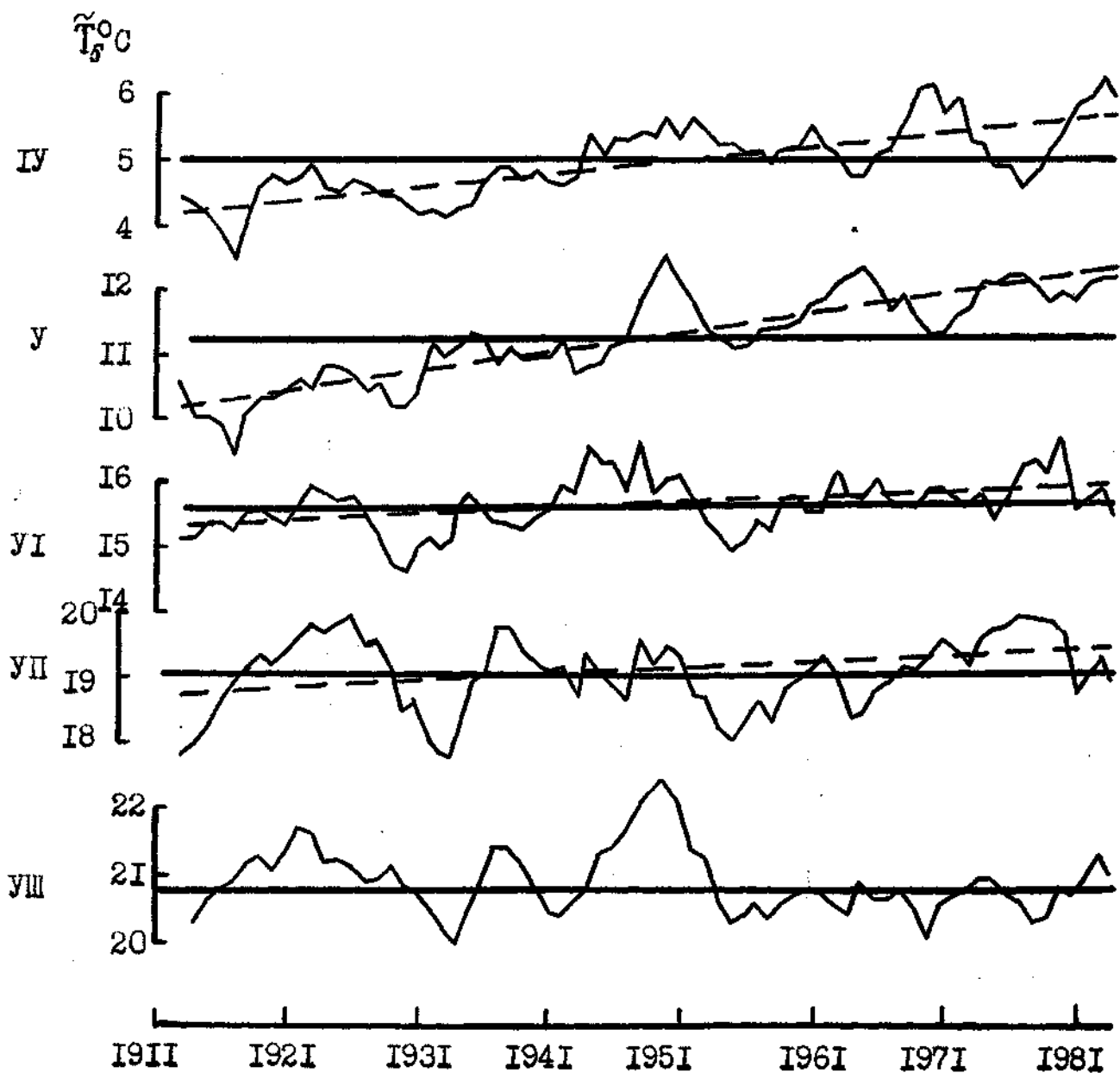


Рис. 4.3. Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средней месячной температуры воздуха (T_5) за апрель-август (IV-УШ), линейный климатический тренд (---), средние многолетние (—) по Тимирязевскому за период с 1911 по 1985 гг.

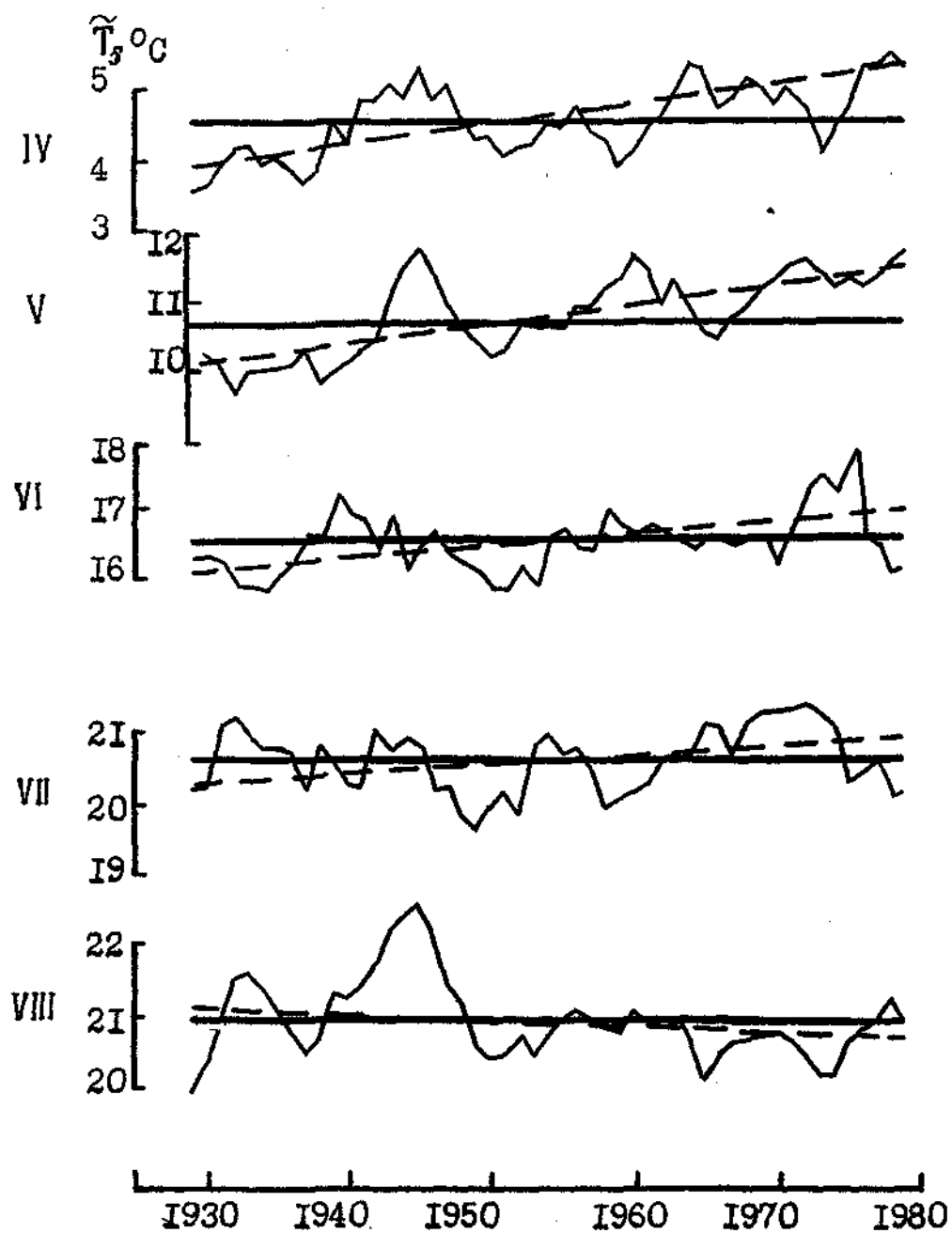


Рис.4.4. Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средней месячной температуры воздуха (\tilde{T}_5) за апрель-август (IV-УШ), линейный климатический тренд (---), средние многолетние (—) по Астраханке за период с 1932 по 1985 г.

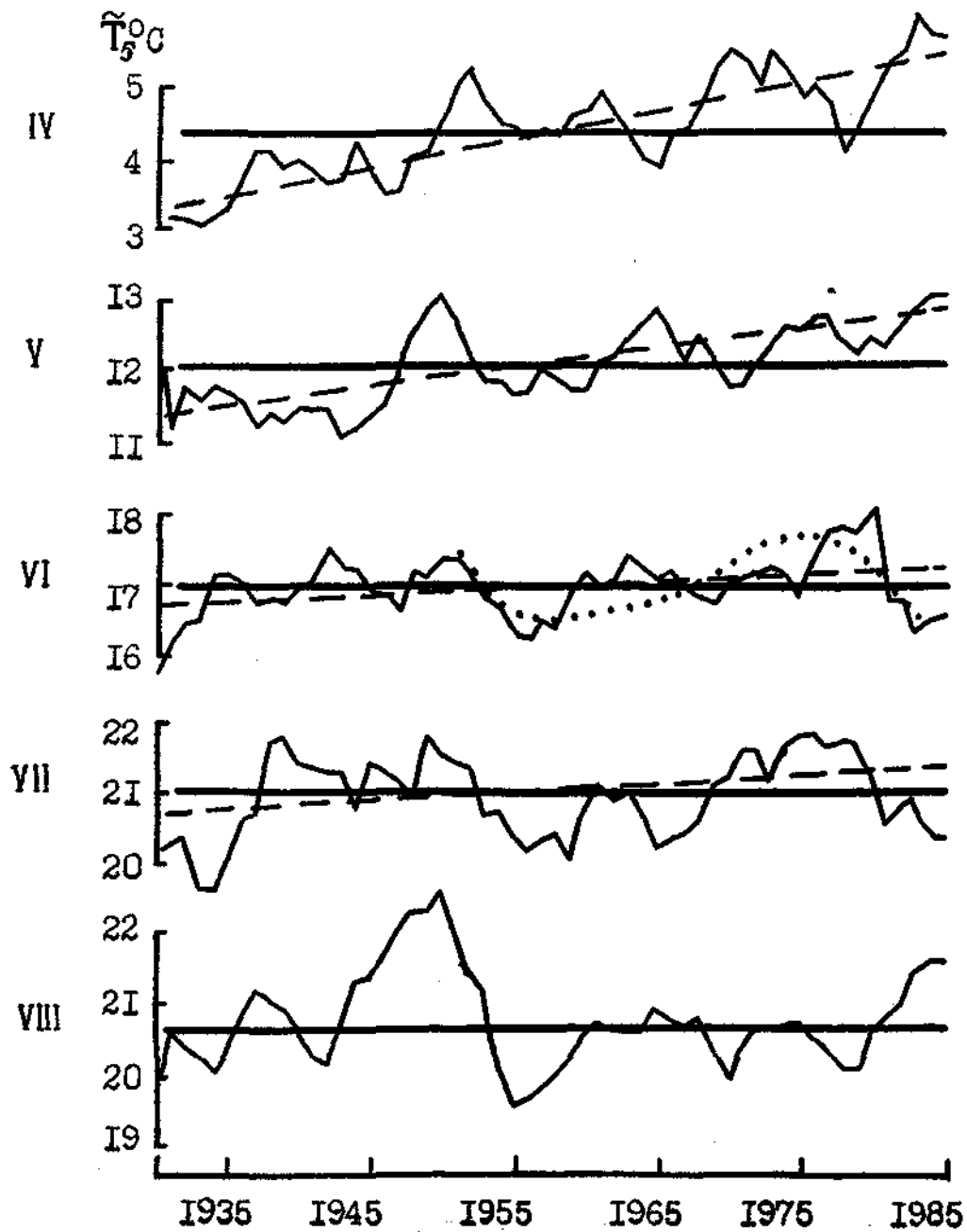


Рис. 4.5 Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средней месячной температуры воздуха (\tilde{T}_5) за апрель-август (IV-VIII), линейный климатический тренд (---), средние многолетние (—), полином третьей степени, аппроксимирующий тренд на заданой области определения (· · ·), по Новосельскому

годы) повысились на 1,13 °С, в Новосельском (56 лет) – на 1,4 °С (рис. 4.5), в Пограничном (за 77 лет) – на 1,6 °С (рис. 4.2). В то же время, с июня по сентябрь линейная зависимость температуры от времени слабо выражена, а на некоторых ГМС обнаружен отрицательный тренд (табл. 4.6). В октябрьях на всех ГМС отмечалось незначительное понижение температуры воздуха. В годовых температурах отмечено повышение, в среднем на 0,02 °С за год. Например, в Тимирязевском за 77 лет средняя годовая температура повысилась на 1,6 °С. Следовательно, в настоящее время температурные условия начала теплого полугодия (апрель–май) являются наиболее благоприятными по сравнению с последними десятилетиями XIX и началом XX столетий.

Если существующие темпы увеличения температур сохранятся, то к началу второго тысячелетия следует ожидать повышение температуры в Приморском крае в апреле и мае приблизительно на 0,3–0,4 °С. В то же время, средние месячные температуры воздуха с июня по сентябрь изменятся незначительно, а октябрьи станут холоднее на 0,05–0,20 °С.

Земледельцы края имеют реальную возможность производить сев сельскохозяйственных культур в более ранние сроки, поскольку средняя температура воздуха за пятилетие 1982–1986 гг., например, в Тимирязевском (рис. 4.3) в апреле и мае выше средней за пятилетие 1911–1915 гг. почти на 1,5 °С. Однако следует отметить, что повышение средних месячных температур указанных месяцев только теоретически происходило постоянно и год от года увеличивалось в среднем на 0,02–0,01 °С. В действительности в течение периода инструментальных наблюдений отмечались периоды, когда средняя месячная температура

воздуха увеличивалась или уменьшалась на большую величину, чем $0,02^{\circ}\text{C}$.

Для того, чтобы выявить такие периоды и сгладить, в определенной мере, ежегодные колебания температур был использован известный прием скользящего среднего по пятилетиям. Совместный анализ рис. 4.1-4.5 позволял выявить синхронность колебаний на всех ГМС, кроме некоторых отличий на станции Владивосток. Колебания температур имеют осциллирующий характер вдоль линий средней многолетней температуры воздуха или линейного тренда, хорошо заметны несколько максимумов и минимумов. Так наиболее теплыми с 1913 г. следует считать пятилетия 1921-1925, 1940-1944 и 1978-1982 гг. Самые холодные периоды в июньских температурах это 1928-1932, 1953-1957 и последнее пятилетие 1981-1985 гг. Причем следует отметить, что если абсолютный минимум июньских температур за инструментальный период отмечен в 1983 г. (табл. 4.1), то в 1981 г. наблюдались температуры весьма близкие к минимуму.

Выбор периода скользящего осреднения, равный пяти годам, связан с размерностью по температуре воздуха на большинстве станций (73 года) и с объемом данных о средних по краю урожаях риса (38 лет). При сравнении графиков скользящей средней июньской температуры воздуха и скользящей средней урожайности риса (рис. 3.1), обнаруживается большое сходство. С одной стороны понижение средних июньских температур воздуха в последние годы явилось наряду с некоторым снижением уровня культуры земледелия объективной причиной больших неурожаев риса в крае в 1981, 1983 гг. С другой стороны, можно предположить, что снижение температур оказало отрицательное воздействие не только на культуру риса как

биологический объект, но и, в определенной мере, сказалось на уровне культуры земледелия, которая приспособилась к условиям теплого периода (семидесятые годы) предшествующего похолоданию восьмидесятых годов. Период с наименьшими урожаями риса (1954-1957 гг.), когда с одного гектара собирали в среднем 1,1 т/га совпадает с похолоданием середины пятидесятых годов. Более того, похолоданию 1928-1932 гг. соответствует также понижение уровня урожаев риса, когда по данным [112] в 1932 г. был собран самый низкий урожай - 0,9 т/га за период с 1925 по 1936 гг.

Временной ход скользящей по пятилетиям средней летней температуры воздуха, в общих чертах, аналогичен ходу июньских температур. Также наблюдается осциллирующий характер колебаний температуры, выделено несколько максимумов (в начале 20-х, конце 40-х и менее выраженный теплый период семидесятых годов) и несколько минимумов в начале 30-х и 50-х, 80-х годов.

Несмотря на то, что колебания скользящих пятилетий на ГМС Владивосток в июне несколько отличаются от остальных ГМС края в средних летних температурах синхронность колебаний нарушена в меньшей мере. Это позволяет нам, с определенной точностью, предположить также сохранение синхронности в колебаниях температур по всем ГМС Приморья за период с 1881 по 1912 гг. Так, во Владивостоке самое холодное пятилетие средней летней температуры наблюдалось в восьмидесятых годах прошлого столетия (1884-1889 гг.), затем последовал теплый период девяностых годов. Четыре минимума, наблюдаемых в вековом ходе скользящих летних температур имеют практически одинаковый уровень температур, около 17°С.

Самый теплый период в средних летних во Владивостоке за 110 лет отмечен на рубеже 20-х и 30-х годов.

В июньских температурах самое холодное пятилетие за весь период инструментальных наблюдений во Владивостоке отмечено также в 1880-х годах (1887-1891 гг.), но несколько смещено к концу восьмидесятых в отличие от средней летней температуры (1884-1888). Причем уровень средних месячных температур этого периода более чем на 1 °C ниже среднего многолетнего. Наличие холодных периодов 80-х годов прошлого и настоящего столетий вероятно можно рассматривать как проявление квазистолетней цикличности, связанной с проявлением космических воздействий [1, 6, 16, 21, 49, 64, 117, 122, 129, 168, 209, 219, 262, 310].

Если учесть биологические особенности культуры риса, кратко изложенные во второй главе, которые сформировались под влиянием муссонного климата, своеобразия атмосферной циркуляции над югом Дальнего Востока, где в июне наблюдается первая стадия летнего дальневосточного муссона [177, 185, 206] и полученные нами результаты, то, по-видимому, правомерно рассматривать урожайность риса как некоторый индикатор климатических изменений данной территории.

Аналогичное исследование векового хода (1881-1980 гг.) основных характеристик теплового режима вегетационного периода риса на Кубани, выполненное Ю.В. Зайцевым и Г.А. Галкиным [46, 83] является подтверждением высказанной гипотезы. Так, например, максимальные за 128 лет $\sum T$ на Кубани отмечены в 1853 и 1975 гг., а минимальные в 1933 и 1956 гг. Урожайность риса на Кубани в эти годы составила: 5,0 т/га в 1975 г., 0,85 т/га в 1933 г. и 0,95 т/га в 1956 г. Кроме

того, временные интервалы между выявленными теплыми и холодными периодами изменяются от 16 до 27 лет, составляя в среднем 21 год.

Оценка колебаний климата (1881–1983 гг.) Нижнего Поволжья, проведенная А.Н. Сажиним [195] дала аналогичные результаты. Первый минимум температуры наблюдался в 1882 г., а следующий – в 1932 г. Первая половина пятидесятых годов также, как в Приморье и на Кубани, отмечена более низкими по сравнению со средними многолетними температурами воздуха.

Большое внимание уделяется изучению влияния основных характеристик (отдельных и комплексных) климата и погоды на урожайность риса в странах, где особенно велико потребление риса, являющегося основным национальным продуктом питания [11, 251, 252, 258, 265, 267, 271, 295, 296, 312, 317].

Цикличность колебаний урожайности риса и их связь с характеристиками климата и погоды также выявлены в Японии [11], Китае [252, 271, 312], Шри Ланке [317], Италии [295].

Ближайшим дальневосточным соседом Советского Союза является Япония, где особенно велико потребление риса, являющегося основным национальным продуктом питания. По данным Х. Аракова [11] в Японии неурожай риса, также как и в северных районах рисосеяния СССР, чаще всего бывают вызваны холодным летом и затянувшимся периодом дождей, особенно в северных районах Японии – на о. Хоккайдо. Очень плохие урожаи риса в Японии, начиная с 1913 г., были в 1931, 1934, 1941, 1945 и 1953.

Это позволяет сделать вывод о том, что снижение урожайности риса в первой половине 30-х и 50-х годов носило глобальный характер, по крайней мере, в восточном полушарии в

северных районах мирового ареала распространения рисосеяния.

Если для успешного произрастания риса в первую очередь необходимо тепло, то для культур, составляющих севообороты рисового поля важное значение имеют и ресурсы влаги. Временной ход количества осадков (на примере Новосельского) был исследован также с помощью метода скользящего среднего, определены и линейные тренды (рис. 4.6). Как видно, апрели и юни стали более влажными, май и августы — более сухими.

В то же время, хорошо заметны осциллирующие колебания количества осадков (осредненных по скользящим пятилетиям) вдоль прямолинейных трендов. Так, в апреле, начиная с сороковых годов установлено два относительно сухих периода — середина пятидесятых и семидесятые годы, и три влажных периода (начало 40-х, 60-х, 80-х). Самый влажный период в июнях отмечается в настоящее время.

Таким образом, если оценивать современные климатические тенденции только в виде линейных трендов применительно к рисоводству Приморского края, то следует отметить: условия предпосевного и посевного периодов (май) с климатической точки зрения стали наиболее благоприятными за весь период инструментальных наблюдений — относительно тепло и сухо; условия периода "всходы-третий лист" (июнь) — менее благоприятны, так как средние месячные температуры воздуха (например, в начале восьмидесятых) были низкими, а количество осадков — наибольшее за весь период наблюдений.

С другой стороны, для земледельцев крайне необходимо учитывать и, в зависимости от этого определять хозяйственную стратегию, наличие климатических флуктуаций, под которыми согласно [54] понимаются процессы с временным масштабом от нескольких недель до нескольких десятилетий.

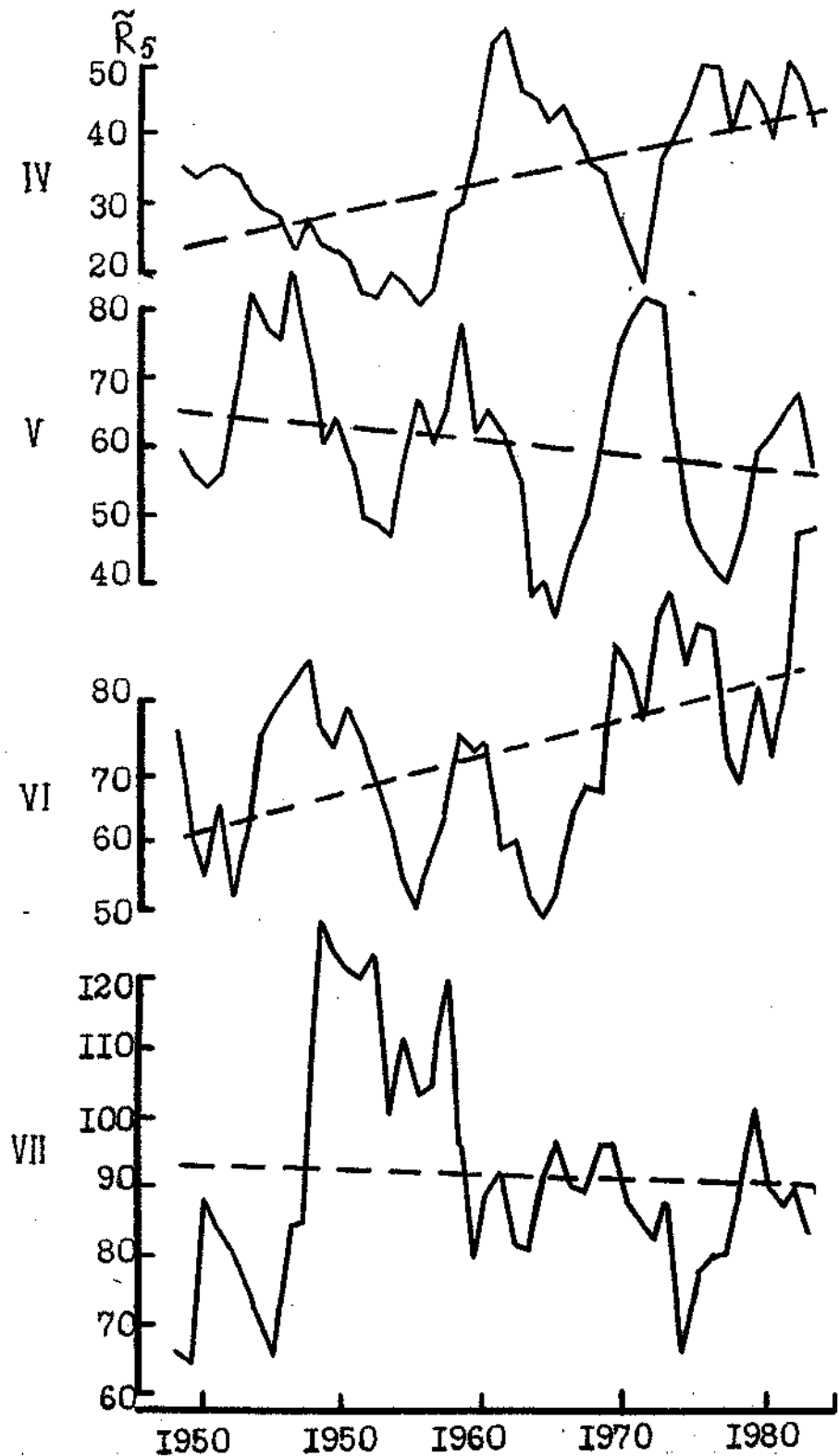


Рис. 4.6. Сглаженные по скользящим пятилетиям временные ряды средних месячных сумм осадков (\tilde{R}_5) за апрель-июль, линейный тренд (---) по Новосельскому за период с 1936 по 1985 гг.

4.2. Оценка влияния периода исходной выборки на характер и величину зависимости между метеорологическими величинами и урожайностью сельскохозяйственных культур

При выявлении зависимости между характеристиками климата и урожайностью сельскохозяйственных культур, как правило, используется корреляционный анализ с последующей оценкой коэффициентов корреляции (r) при помощи различных критериев (Стьюдента, Фишера, χ^2 - критерия и др.) с заданным уровнем значимости [88, 107] .

Объем необходимой выборки (n) при выбранном доверительном интервале (Δ) и доверительной вероятности $(1-\alpha)$, где α -уровень значимости, может быть рассчитан по формуле [88]

$$n = \frac{z_p^2 \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (4.1)$$

где σ^2 - дисперсия, Δ - доверительный интервал, который определяется в зависимости от желаемой степени точности расчетов, z_p - табличный интеграл вероятности. Формула (4.1) используется для случайных величин подчиняющихся нормальному закону распределения.

Средняя урожайность риса в Приморье за последние 25 лет (при относительно однородном уровне агротехники) составила 2,5 т/га. Если принять точность расчетов при определении объема выборки в пределах 5 % от величины средней урожайности, то с доверительной вероятностью $p = 1 - \alpha = 0,95$ (95 %) при $\sigma = 0,36$ т/га n равно 32 годам. При доверительной вероятности $p = 0,90$ (10 %-ный уровень значимости), $n = 22$

годам. Следовательно, временные ряды урожайности риса с 1950 по 1985 гг. (36 лет) статистически значимы.

Однако величина и характер зависимостей в системе климат-урожай, по-видимому, будут изменяться не только от объема выборки, но и от периода, выбранного для выявления и оценки количественных связей.

В работе [55] исследуется устойчивость статистических характеристик (средних, дисперсий, трендов) во времени в зависимости от периода осреднения и периода их возможного использования. Сделан вывод о влиянии периода осреднения на устойчивость статистик. В то же время, автор [100] считает, что увеличение климатологических рядов на 15 лет не вызвало значимых изменений средних многолетних значений.

Исследования об оценке периода исходной выборки на характер и величину зависимости между метеорологическими характеристиками и урожайностью сельскохозяйственных культур в литературных источниках не удалось обнаружить. Однако установленный в разделе 4.1 осциллирующий характер колебаний сглаженных по пятилетиям средних месячных и сезонной (за летний сезон) температуры воздуха предполагает наличие таких зависимостей.

Ранее было показано, что наилучшим образом трендовая составляющая урожайности риса аппроксимируется полиномом третьей степени [162].

Представим трендовую составляющую (y) функцией

$$y = y(t),$$

где t - время, годы. Минимум функции $y(t)$ отмечен в 1953 г., максимум - в 1977 г. Считаем, что зависимость между t и урожайностью за период с 1953 г. до 1977 г. может

быть выражена с помощью линейной регрессии, связь на этом отрезке – прямая ($r_1 > 0$). Второго минимума E_t (область определения функции 1978–1987 гг.) наблюдался в 1982 г. Связь урожайности со временем за период с 1977 по 1982 гг. (т.е. период от максимума до минимума) линейная, но обратная по знаку ($r_2 < 0$). В то же время, коэффициент корреляции за весь период лет (1950–1987), предполагается статистически незначимым или значительно меньшим по абсолютной величине, чем r_1 и r_2 .

Как показали проведенные расчеты, представленные в табл. 4.7 характер и величина зависимости урожайности риса от времени оказались на уровне предполагаемых.

Таблица 4.7

Коэффициенты корреляции (r) между урожаем риса и временем (t), и его доверительная вероятность (P %) для различных периодов лет

| Периоды лет | 1950–1954 | 1950–1955 | 1950–1956 | 1950–1957 | 1950–1958 | 1950–1961 | 1953–1978 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| r | -0,52 | -0,47 | -0,38 | -0,55 | -0,26 | 0,46 | 0,87 |
| $P, \%$ | 60 | 60 | 60 | 80 | 60 | 85 | 99 |
| Периоды лет | 1978–1983 | 1978–1984 | 1978–1985 | 1978–1986 | 1978–1987 | 1953–1987 | |
| r | -0,85 | -0,68 | -0,47 | -0,35 | -0,12 | 0,26 | |
| $P, \%$ | 90 | 85 | 80 | 60 | - | 85 | |

Для оценки r на предмет статистической значимости используется критерий Стьюдента, который рассчитывается по формуле

$$t = \left(0,5 \ln \frac{1+r}{1-r} \right) \cdot \sqrt{n-3}, \quad (4.2)$$

где n – объем выборки, t – критерий Стьюдента при числе степеней свободы $\nu = n - 2$.

Коэффициенты корреляции, характеризующие связь урожайности риса со временем ^(номер года) на области определения 1953–1978 гг. положительные ($r = 0,87$; доверительная вероятность 99 %), а с 1978 по 1983 гг. – отрицательные ($r = -0,85$; $P, \% = 90$). Оказалось, что при последовательном увеличении последнего периода на год (до 1987 г.) коэффициенты корреляции по абсолютной величине уменьшались, но характер связи оставался без изменения ($r < 0$). В то же время r для всего ряда (1950–1987 гг.) равен 0,26 и является статистически значимым с доверительной вероятностью 85 %.

Аналогичный характер связи был также обнаружен между различными метеорологическими характеристиками вегетационного периода и временем. Были рассчитаны зависимости

$$f = f(t),$$

где f – та или иная метеорологическая характеристика, t – время, годы от 1 до n , n – длина выборки.

В качестве примера приведены данные по ГМС Новосельское (табл. 4.8). Характерным для всех исследуемых ГМС (Кировский, Тимирязевский, Халкидон, Астраханка, Турий Рог, Хороль, Пограничный, Анутино, Яковлевка, Свягино) оказалось более быстрое повышение средних месячных температур в апреле и мае за 1978–1984 гг. по сравнению с периодом 1953–1978 гг. Отличительной особенностью июньских температур является их понижение в начале восьмидесятых ($r = -0,45$), в то время как в целом за исследуемый период средние месячные

Таблица 4.8

Связь (коэффициент корреляции r) между отдельными метеорологическими величинами и временем за различные периоды лет по ГМС Новосельское

| Метеорологическая характеристика | 1978 - 1983 гг. | | 1953 - 1977 гг. | | 1953 - 1983 гг. | |
|--|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| | r | Среднее значение элемента | r | Среднее значение элемента | r | Среднее значение элемента |
| $T^{\circ}\text{C}$, апрель | 0,45 | 5,22 | 0,21 | 4,78 | 0,25 | 4,88 |
| $T^{\circ}\text{C}$, май | 0,57 | 12,68 | 0,28 | 12,33 | 0,27 | 12,41 |
| Число часов с осадками в мае | 0,44 | 91 | -0,03 | 73 | 0,18 | 77 |
| $T^{\circ}\text{C}$, июнь | -0,49 | 16,88 | 0,24 | 17,11 | 0,00 | 17,06 |
| Число часов с осадками в июне | 0,35 | 115 | 0,21 | 81 | 0,35 | 89 |
| Число часов с росой в июне | 0,73 | 128 | 0,34 | 133 | 0,20 | 132 |
| $T^{\circ}\text{C}$, июль | 0,01 | 20,73 | 0,43 | 21,17 | 0,14 | 21,01 |
| $T^{\circ}\text{C}$, август | 0,56 | 20,87 | -0,08 | 20,56 | 0,09 | 20,63 |
| $T^{\circ}\text{C}$, средняя летняя температура | -0,05 | 19,48 | 0,30 | 19,61 | 0,11 | 19,59 |
| Число часов с осадками за май-сентябрь | 0,22 | 445 | 0,04 | 371 | 0,25 | 387 |
| $\Sigma T^{\circ}\text{C}$, сумма активных температур выше 10°C | 0,16 | 2249 | 0,19 | 2647 | -0,00 | 2601 |

Примечание: в период 1978-1983 гг. для $r = 0,49$ доверительная вероятность 65 %; $r = 0,56$, $P = 75$ %; $r = 0,73$, $P = 85$ %; в период 1953-1977 гг. для $r = 0,30$, $P = 85$ %; $r = 0,43$, $P = 95$ %; в период 1953-1983 гг. для $r = 0,25$, $P = 85$ %; $r = 0,35$, $P = 95$ %.

температуры июня не имели положительного либо отрицательно-го тренда ($r = 0,0$). Со временем, в июне, возросло число часов с осадками, разность которых на восходящей (т.е. от минимума до максимума) и на нисходящей (от максимума до последующего минимума) ветвях тренда составила около 30 часов в месяц. Температуры понизились по сравнению с предшествующим периодом (восходящей ветвь) в среднем за год на $0,44^{\circ}\text{C}$.

Средняя месячная температура воздуха августа на нисходящей ветви повышалась ($r = 0,56$), в то время как в целом за весь исследуемый период она оставалась почти постоянной ($r = 0,09$), тренд не выражен.

Для средних летних температур характерны те же зависимости, что и для июньских температур. Число часов с осадками за май-сентябрь 1978-1983 гг. больше среднего за 1953-1983 гг. на 58 ч. Сумма активных температур выше 10°C (ΣT) на восходящей ветви в среднем на 66°C больше, чем на нисходящей ветви.

Аналогичные зависимости обнаружены по всем ГМС, расположенным по зоне рисосеяния. Результаты приведены в монографии [171].

Коэффициенты корреляции, отражающие характер и тесноту связи между метеорологическими характеристиками и урожайностью риса и культур севооборота рисового поля, в целом за период 1958-1984 гг., так и за периоды 1958-1978 гг. и 1978-1984 гг. приведены соответственно в табл. 4.9-4.11.

Установлено, что повышение температуры воздуха в апреле на нисходящей ветви (1978-1984 гг.) отрицательно влияет на урожайность риса по краю и по хозяйствам, а также на урожайность остальных культур. В то же время, на восходящей

Таблица 4.9

Связь (r) между метеорологическими параметрами и урожайностью сельскохозяйственных культур (ИМС Новосельское)

| Метеорологическая характеристика | 1956 - 1984 гг. | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|----------|-------|---------|-------|--------|
| | Рис | | | | Соя | Гречиха | Овес | Ячмень |
| | Среднее по краю | Новосельский | Жемчужный | Авангард | | | | |
| Апрель, $T^{\circ}C$ | 0,04 | 0,18 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | -0,42 | 0,06 | 0,00 |
| Май, $T^{\circ}C$ | 0,36 | 0,29 | 0,22 | 0,30 | 0,04 | 0,14 | -0,05 | -0,03 |
| Май, R' | -0,12 | -0,00 | -0,18 | -0,16 | -0,19 | -0,29 | 0,19 | 0,14 |
| Июнь, $T^{\circ}C$ | 0,33 | 0,33 | 0,39 | 0,11 | 0,19 | -0,08 | -0,30 | -0,23 |
| Июнь, R' | -0,08 | 0,02 | -0,25 | -0,09 | -0,44 | -0,32 | 0,52 | 0,13 |
| Июль, $T^{\circ}C$ | 0,38 | 0,37 | 0,21 | 0,21 | 0,24 | 0,57 | -0,36 | -0,14 |
| Август, $T^{\circ}C$ | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,19 | -0,03 | 0,15 | -0,17 | -0,14 |
| Средняя летняя температура, $T^{\circ}C$ | 0,51 | 0,43 | 0,41 | 0,44 | 0,48 | 0,64 | -0,51 | -0,25 |
| $\sum R'$ за V-IX | -0,25 | -0,13 | -0,31 | -0,32 | -0,34 | -0,58 | 0,21 | -0,15 |
| $\sum T^{\circ}C$ | 0,45 | 0,42 | 0,39 | 0,43 | 0,57 | 0,24 | -0,26 | -0,07 |

Примечание: коэффициент корреляции = 0,25 имеет доверительную вероятность (P) 80 % (при $\nu = 25$); $r = 0,35$ P = 90 %; при $r = 0,5$ P = 99 %; R' - число часов с осадками.

Таблица 4.10

Связь (γ) между метеорологическими параметрами и урожайностью сельскохозяйственных культур (ГМС Новосельское)

| Метеорологическая характеристика | 1956 - 1978 гг. | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|----------|-------|---------|-------|--------|
| | Рис | | | | Соя | Гречиха | Овес | Ячмень |
| | Среднее по краю | Новосельский | Жемчужный | Авангард | | | | |
| Апрель, $T^{\circ}C$ | 0,41 | 0,41 | 0,31 | 0,33 | 0,25 | -0,31 | 0,12 | 0,11 |
| Май, $T^{\circ}C$ | 0,25 | 0,20 | 0,28 | 0,28 | 0,13 | 0,10 | -0,02 | -0,01 |
| Май, R' | 0,02 | 0,05 | -0,03 | 0,01 | -0,05 | -0,16 | 0,09 | 0,17 |
| Июнь, $T^{\circ}C$ | 0,50 | 0,37 | 0,44 | 0,65 | 0,17 | -0,00 | -0,22 | -0,14 |
| Июнь, R' | 0,12 | 0,17 | 0,06 | 0,05 | -0,47 | -0,37 | 0,46 | 0,06 |
| Июль, $T^{\circ}C$ | 0,43 | 0,53 | 0,21 | 0,32 | 0,24 | 0,68 | -0,18 | 0,04 |
| Август, $T^{\circ}C$ | 0,34 | 0,24 | 0,50 | 0,34 | -0,14 | -0,15 | -0,07 | -0,07 |
| Средняя летняя температура, $T^{\circ}C$ | 0,49 | 0,39 | 0,62 | 0,43 | -0,01 | -0,02 | 0,13 | -0,07 |
| $\sum R'$ за X-IX | -0,12 | -0,12 | -0,08 | -0,44 | -0,27 | -0,60 | 0,07 | -0,28 |
| Сумма температур выше $10^{\circ}C$ ($\sum T$) | 0,47 | 0,46 | 0,37 | 0,54 | 0,58 | 0,23 | -0,14 | 0,01 |

Примечание: для $\gamma = 0,25$ доверительная вероятность (P) = 70 %; $\gamma = 0,35$ P = 85 %; $\gamma = 0,45$ P = 95 % при числе степеней свободы $\nu = 19$.

Таблица 4. II

Связь (r) между метеорологическими параметрами и урожайностью сельскохозяйственных культур (ГМС Новосельское)

| Метеорологическая характеристика | 1978 - 1984 гг. | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|-----------|----------|-------|---------|-------|--------|
| | Рис | | | | Соя | Гречиха | Овес | Ячмень |
| | Среднее по краю | Новосельский | Жемчужный | Авангард | | | | |
| Апрель, T°C | -0,87 | -0,89 | -0,60 | -0,80 | -0,21 | -0,78 | -0,15 | -0,36 |
| Май, T°C | 0,38 | 0,68 | 0,65 | 0,32 | -0,33 | 0,54 | -0,43 | -0,35 |
| Май, R' | -0,98 | -0,88 | -0,86 | -0,80 | 0,01 | -0,74 | 0,18 | -0,17 |
| Июнь, T°C | 0,87 | 0,85 | 0,64 | 0,95 | -0,14 | 0,52 | -0,27 | 0,04 |
| Июнь, R' | -0,66 | -0,55 | -0,36 | 0,51 | 0,23 | -0,27 | 0,44 | 0,08 |
| Июль, T°C | 0,09 | 0,25 | 0,10 | -0,14 | -0,83 | -0,02 | -0,78 | -0,74 |
| Август, T°C | -0,00 | 0,06 | 0,26 | -0,02 | -0,09 | 0,07 | -0,27 | -0,17 |
| Средняя летняя температура, T°C | 0,65 | 0,74 | 0,62 | 0,35 | -0,48 | 0,40 | -0,63 | -0,35 |
| $\Sigma R'$ за V-IX | -0,82 | -0,74 | -0,78 | -0,67 | -0,05 | -0,62 | 0,17 | -0,29 |
| Сумма температур выше 10°C (ΣT) | 0,46 | 0,64 | 0,40 | 0,11 | 0,43 | 0,18 | -0,57 | -0,38 |

Примечание: для $r = 0,65$ доверительная вероятность $P = 80\%$;

$r = 0,85$ $P = 95\%$.

ветви (табл. 4.10) эта зависимость была преимущественно прямой ($r > 0$), но менее значимой ($r = 0,31 - 0,41$). Для всего ряда лет значимая зависимость между среднемесячной температурой воздуха в апреле и урожайностью сельскохозяйственных культур отсутствует (табл. 4.9).

Для мая и июня на нисходящей ветви (табл. 4.11) характерно наличие прямой связи между t и урожаем риса, причем более значимой для июня ($r = 0,64 - 0,95$) и обратной между числом часов с 0 доков. На восходящей ветви r между T_{VI} и урожаем риса менее значима ($r = 0,37 - 0,65$). Следует обратить внимание на тот факт, что на восходящей линии зависимость между средней месячной температурой (май - август), средней летней температурой и суммой температур выше 10°C и урожайностью риса прямая ($r \approx 0,40$), в то время как, на нисходящей ветви тренда зависимость между t в июле, августе и урожаем практически отсутствует.

Коэффициенты корреляции между $\sum T$ и урожайностью риса за различные периоды лет, с учетом ошибки коэффициента корреляции не изменились.

Приведенные выше результаты позволяют говорить о явном проявлении закона минимума. Он свидетельствует о том, что при изменяющихся метеорологических условиях уровень урожайности определяется тем фактором, который находится в минимуме. Наблюдающееся на нисходящей ветви снижение средних месячных июньских температур (абсолютный минимум T_{VI} отмечен в 1983 г.) привело к увеличению тесноты связи T_{VI} с урожаем риса ($r = 0,64 - 0,95$) по сравнению с восходящей ветвью ($r = 0,37 - 0,65$) и со всем периодом лет ($r = 0,11 - 0,39$). Изменился также характер связи, а в некоторых случаях на об-

ратный, между метеорологическими величинами (табл. 4.9 - 4.11) и урожайностью основных культур севооборота рисового поля. Это свидетельствует о том, что агроклиматические показатели должны рассчитываться отдельно для временных отрезков, соответствующих восходящей и нисходящей ветвям тренда или, что соответствует различным климатическим флуктуациям, проявляющимся в виде осциллирующей кривой вдоль линии среднего многолетнего или прямолинейного тренда.

Во-вторых, выбор временных интервалов, для которых определяется наличие и характер линейной зависимости должен выбираться не произвольно, а в строгом соответствии с наблюдающимися минимумами и максимумами трендовой составляющей.

В третьих, данные результаты подтверждают необходимость исследования (или моделирования) влияния различных флуктуаций климата на урожайность отдельных сельскохозяйственных культур. Причем, на первом этапе важное практическое значение имеют детальные исследования имеющих место в прошлом климатических флуктуаций с тем, чтобы выделить типичные (эталонные) ситуации, которые могут иметь место в ближайшем будущем.

4.3. Методы оценки влияния агрометеорологических условий на урожайность риса и культур севооборотов рисового поля

4.3.1. Оценка влияния теплообеспеченного вегетационного периода на урожайность риса и культур севооборотов

Как уже было отмечено, в целом успешность возделывания риса в северных районах рисосеяния, в том числе и в Приморском крае, определяется, прежде всего общим количеством тепла за вегетационный период.

Основные статистические характеристики ΣT , с помощью которых можно достаточно точно описать главные климатические особенности вегетационного периода исследуемого района приведены в табл. 4.12. Наиболее низкие суммы температур (до 2165 °С на ГМС Анучино) наблюдались в 1941 г., самые теплые вегетационные периоды были в 1943 и 1970 гг. Размах ΣT по ГМС, который, на наш взгляд, объясняется преимущественно циркуляционными особенностями атмосферы в различные годы, достигает в среднем 680 °С, что равносильно переходу из одной климатической зоны в другую. Средние квадратические отклонения (σ) и коэффициенты вариации (C_v) ΣT по отдельным ГМС несущественно отличаются друг от друга. Коэффициенты асимметрии (A) за исключением ГМС Анучино, положительны и по абсолютной величине близки к нулю, в то время как коэффициенты эксцесса (ϵ) по всем станциям отрицательны, что свидетельствует о несколько пологообразной кривой распределения. Общий анализ статистических характеристик исследуемых временных рядов показал, что их распределение близко к нормальному.

Пространственно-временную изменчивость ΣT исследуем с помощью аппарата разложения полей в виде рядов по естественным ортогональным составляющим (е.о.с.). Система функций, по которым ведется разложение, подбираются соответственно специфическим свойствам структуры рассматриваемого метеорологического поля. Исследования ряда авторов показали, что для удовлетворительного представления какого-либо поля с помощью е.о.с. можно не брать все члены разложения, а ограничиться учетом лишь нескольких первых членов, описывающих дисперсию рассматриваемого поля в пределах заданной точности. Коэффициенты разложения по е.о.с. возможно использовать

Таблица 4.12

Основные статистические характеристики сумм температур выше 10°C (ΣT)
по отдельным гидрометеорологическим станциям (ГМС) за период с
1938 по 1985 гг.

| Гидрометеорологические станции | ΣT_{\min} | Год | ΣT_{\max} | Год | $\bar{\theta}$ | Макс.-мин. | M_e | M_o | σ | A | ϵ | C_v |
|--------------------------------|-------------------|------|-------------------|------|----------------|------------|-------|-------|----------|-------|------------|-------|
| Кировский | 2355 | 1941 | 2989 | 1970 | 2654 | 634 | 2661 | 2720 | 152 | 0,11 | -0,47 | 0,06 |
| Свягино | 2363 | 1941 | 3031 | 1943 | 2664 | 668 | 2664 | 2769 | 165 | 0,20 | -0,63 | 0,06 |
| Спаск-Дальний | 2390 | 1971 | 3149 | 1943 | 2748 | 759 | 2719 | 3004 | 182 | 0,19 | -0,80 | 0,07 |
| Новосельское | 2288 | 1957 | 2963 | 1943 | 2600 | 675 | 2603 | 2654 | 157 | 0,20 | -0,37 | 0,06 |
| Астраханка | 2283 | 1954 | 2966 | 1961 | 2605 | 683 | 2602 | 2607 | 172 | 0,00 | -0,76 | 0,07 |
| Яковлевка | 2292 | 1957 | 2951 | 1970 | 2617 | 659 | 2611 | 2561 | 162 | 0,12 | -0,75 | 0,06 |
| Анучино | 2165 | 1941 | 2847 | 1970 | 2539 | 682 | 2552 | 2466 | 154 | -0,07 | -0,38 | 0,06 |

Примечание: ΣT_{\max} , ΣT_{\min} - абсолютные минимум и максимум за период наблюдений; ΣT - среднее многолетнее; макс.-мин. - интервал колебания сумм температур; M_e - медиана; M_o - мода; σ - среднее квадратическое отклонение; A , ϵ , C_v - коэффициенты асимметрии, эксцесса, вариации.

как для диагноза, так и для прогноза. Данный математический аппарат позволяет с одной стороны по возможности более полно представить начальную информацию о метеорологических полях и, с другой стороны, ограничить число предикторов. Это удается потому, что представление метеорологических полей с помощью коэффициентов разложения по е.о.с. позволяет сократить объем начальных данных в несколько раз, уменьшив тем самым число возможных предикторов. При этом происходит не механическое отсекание части исходной информации, а отсеивание ее мелкомасштабных (во времени и в пространстве) компонент. Другим важным преимуществом главных компонент в роли предикторов является их некоррелированность. Следует отметить, что это преимущество проявляется лишь в случае, когда совокупность предикторов состоит из коэффициентов разложения одной выборки.

На рис. 4.7 показана пространственная структура первых трех естественных составляющих. Заметно, что с увеличением номера гармоники пространственный масштаб неоднородностей, описываемых данной гармоникой, уменьшается. Кроме того, пространственный масштаб неоднородностей, описываемый второй и третьей гармониками, существенно отличается от масштаба первой.

Зависимость первых трех коэффициентов разложения от времени показана на рис. 4.8. Как видно, вклад первой крупномасштабной гармоники существенно превышает вклад более мелкомасштабных гармоник, за исключением нескольких лет. Например, 1955, 1956, 1962, 1963, 1974 и 1980 гг.

В табл. 4.13 даны значения собственных чисел (λ) с нарастающим итогом. Как следует из приведенных данных, тре-

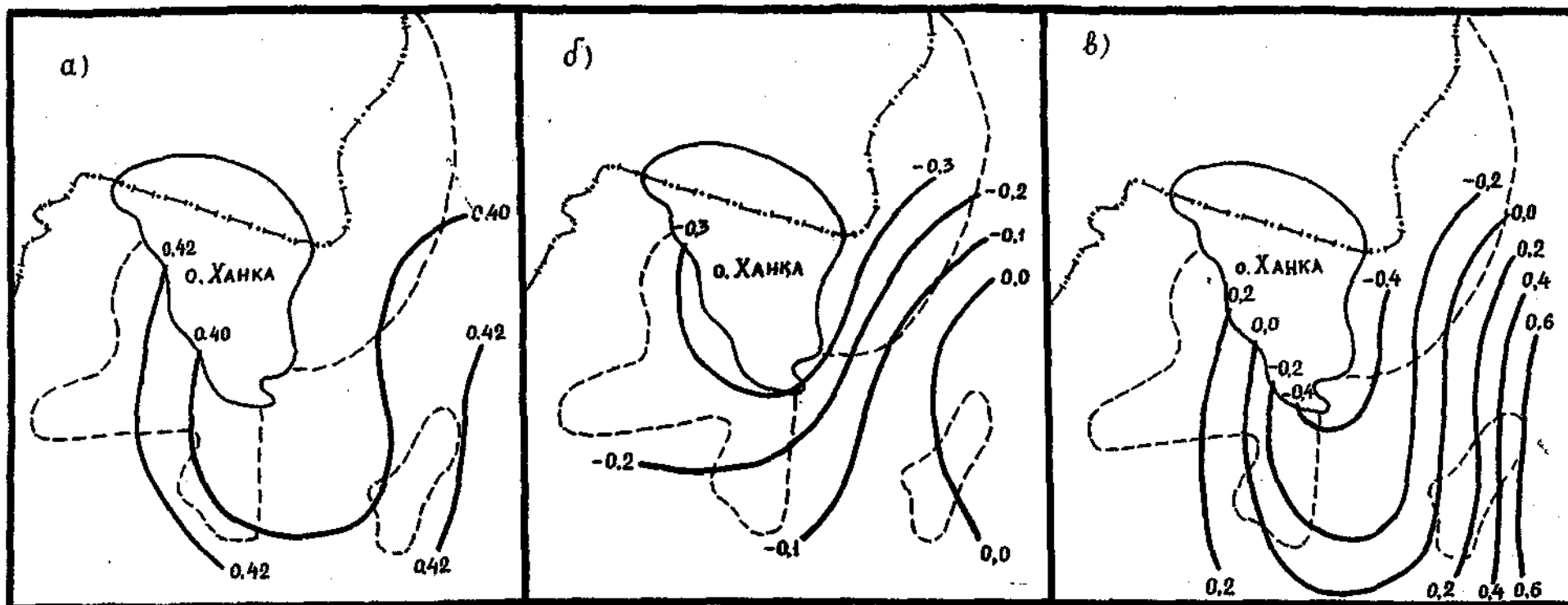


Рис. 4.7. Первые три гармоники (а, б, в) естественных ортогональных составляющих полей сумм температур выше 10 °С.

Штриховой линией показана граница зоны рассеяния.

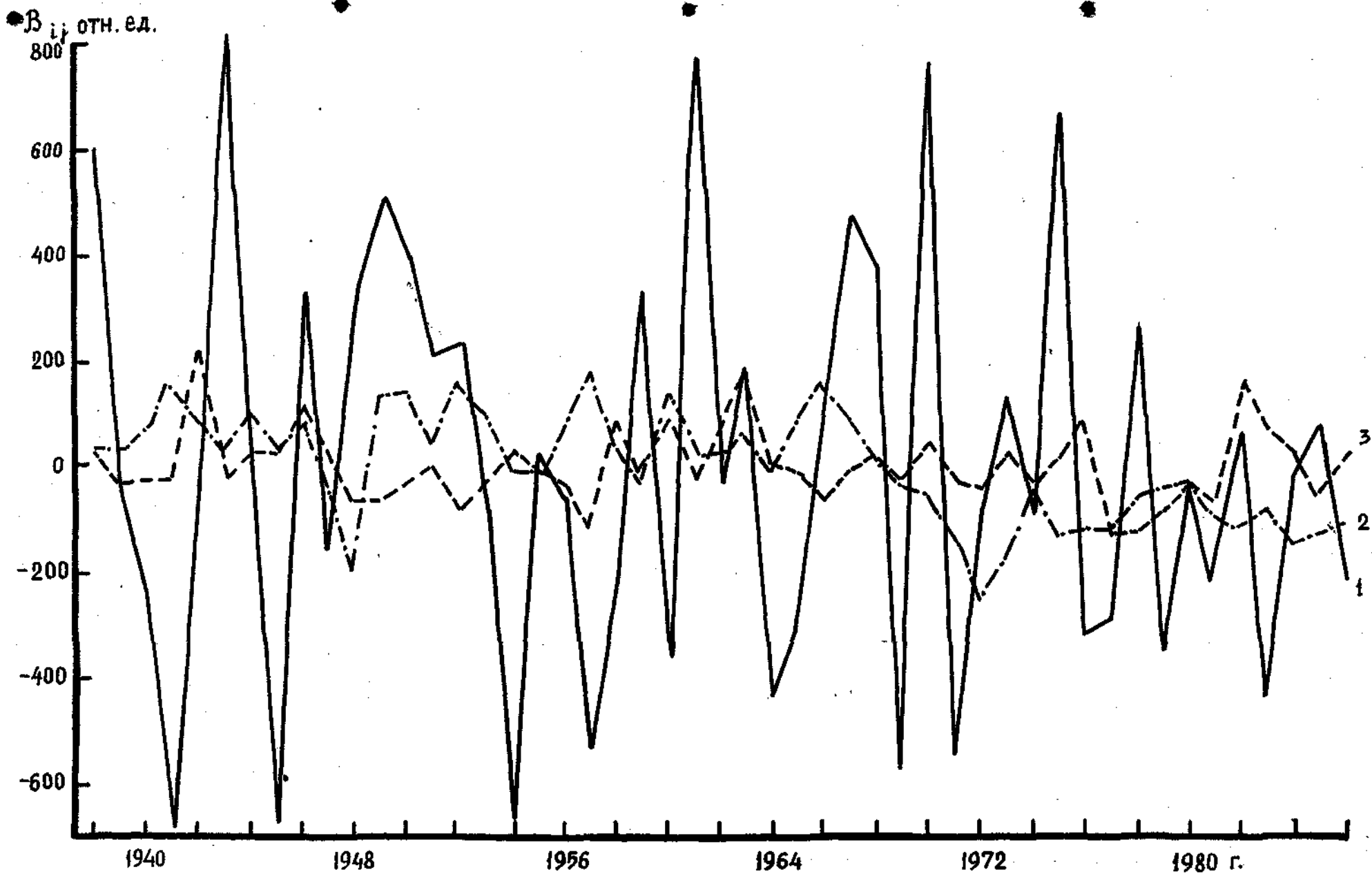


Рис. 4.8. Временной ход первых трех коэффициентов разложения B_{ij} (1, 2, 3) по естественным ортогональным составляющим полей сумм температур выше 10°C .

мя естественными ортогональными составляющими можно восстано-
вить исходное поле сумм температур на 94,8 %, т.е. практиче-
ски на 95 %, что является достаточным в метеорологических за-
дачах.

Таблица 4.13

Спектр собственных чисел (λ) полей сумм температур

| № гармоники | Собственное число (%) |
|-------------|-----------------------|
| 1 | 89,2 |
| 2 | 92,4 |
| 3 | 94,8 |
| 4 | 96,8 |
| 5 | 98,5 |
| 6 | 100,0 |

Коэффициенты корреляции между аномалиями сумм темпера-
тур ($\Delta \Sigma T^{\circ}\text{C}$), первыми коэффициентами (C_{1-4}) разложения по-
лей сумм температур по е.о.с. и отклонениями от трендов уро-
жайности риса и культур, составляющих севооборота рисового
поля приведены в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Связь (γ) между $\Delta \Sigma T$, коэффициентами разложения $C_1, C_2,$
 C_3, C_4 и отклонениями от трендов урожайности культур сос-
ставляющих севооборота рисового поля

| Сельскохо- зяйственные культуры | Характеристики теплообеспеченности | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | $\Delta \Sigma T$ | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
| Рис | 0,46 | 0,59 | -0,05 | 0,10 | -0,05 |
| Соя | 0,41 | 0,53 | -0,03 | -0,22 | 0,26 |
| Гречиха | 0,13 | 0,15 | -0,17 | -0,01 | 0,09 |
| Овес | -0,09 | -0,15 | 0,20 | 0,19 | -0,02 |
| Ячмень | 0,02 | -0,01 | 0,26 | -0,01 | 0,05 |
| Все зерно- бобовые | -0,12 | -0,11 | 0,00 | -0,12 | 0,02 |

Обращает на себя внимание тот факт, что связь C_1 с урожайностью теплолюбивых культур прямая, а с урожайностью относительно холодоустойчивых обратная, в то время как характер связи C_2 с урожайностью меняется на противоположный. Коэффициенты корреляции с урожайностью риса, сои, гречихи имеют отрицательный знак, а с урожайностью овса и ячменя — положительный.

Физический смысл полученных зависимостей состоит в том, что первый коэффициент разложения C_1 описывает изменения сумм температур под воздействием крупномасштабной атмосферной циркуляции, в частности ее зональной составляющей. В этих случаях на территорию Приморского края осуществляется адвекция теплых сухих континентальных воздушных масс с северо-восточных районов Китая, что приводит к формированию повышенного температурного фона и благоприятно сказывается на урожайности теплолюбивых культур. Физическую основу прямой зависимости между C_2 и урожайностью холодоустойчивых культур (овса и ячменя) составляет влияние более мелкомасштабных атмосферных процессов (по-видимому, летнего дальневосточного муссона). В этих случаях на территорию края осуществляется вынос влажных воздушных масс с морской подстилающей поверхности, что создает благоприятный для холодоустойчивых культур режим увлажнения.

4.3.2. Методы оценки условий произрастания риса и основных культур его севооборотов на основе декадной метеорологической информации

Учитывая тот факт, что метеорологическая информация (МИ), поступающая потребителю (в данном случае рисоводам), должна быть представлена не только своевременно, но и в до-

ступной, наглядной и легкоанализируемой форме, то необходимо разработать такие формы или виды предоставления МИ, на основе которой потребитель будет принимать хозяйственные решения.

Большой практический интерес для работников сельского хозяйства представляют сведения о структуре распределения или о временном ходе метеорологических величин, оказывающих определяющее воздействие на формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Важным является и определение "опасных" периодов, когда влияние того или иного метеорологического фактора проявляется в наибольшей мере. Установить такие периоды можно на основе анализа корреляционных зависимостей между осредненной за какой-либо календарный или межфазный период метеорологической величиной и урожайностью сельскохозяйственной культуры. Это обычный и наиболее распространенный прием.

Однако определить такие периоды и представить МИ в наглядной и удобной в практической работе форме можно при помощи графиков временного хода средних месячных, декадных или пентадных значений метеорологических величин в характерные по урожайности годы. В последующем выявленные визуально различия необходимо оценить на предмет их значимости при помощи различных критериев^{el}.

Такие графические зависимости были построены по декадным данным о температуре воздуха, сумме осадков, индексе значимости^{за сурр} по Д.А. Педю (S_i), числе часов с осадками, количестве влагозапасов и др. для риса и основных культур его севооборотов.

Рассмотрим предложенный способ представления МИ и оценки влияния метеорологического фактора на урожайность риса.

Используя данные о декадных температурах воздуха D , мы

исследовали временную структуру ΣT за вегетационный период в высокоурожайные и низкоурожайные годы. Различия в распределении декадной температуры воздуха по группам лет отмечаются (рис. 4.9) с третьей декады мая по первую декаду июля, а также в первой и во второй декадах августа. В остальных декадах D отличаются мало. Оценка значимости выявленных отличий осуществлялась с помощью критерия Стьюдента (t_c). Статистика t_c рассчитывалась по формуле

$$t_c = \frac{\bar{D}_1 - \bar{D}_2}{\sqrt{\frac{N_1 b_1^2 + N_2 b_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}, \quad (4.3)$$

где \bar{D}_1 и \bar{D}_2 - средние значения выборок в низкоурожайные и высокоурожайные годы; N_1 и N_2 - число членов выборок;

b_1 и b_2 - средние квадратические отклонения выборок.

Если полученное по формуле (4.3) значение t_c больше табличного на заданном уровне при числе степеней свободы $n = N_1 + N_2 - 2$, то исследуемые выборки статистически различаются между собой. Указанный критерий определяется для нормальных генеральных совокупностей. При сравнении рассчитанных t_c с табличным двусторонним критерием Стьюдента установлено, что D во второй декаде июне в высокоурожайные и низкоурожайные годы различаются на 1 %-ном, а в первой и третьей декадах июня - на 5 %-ном уровнях (табл. 4.15).

Для Краснодарского края исследование распределения средней месячной температуры воздуха в годы с различной урожайностью было выполнено во Всесоюзном научно-исследовательском институте риса (ВНИИ риса) Г.А. Галкиным и

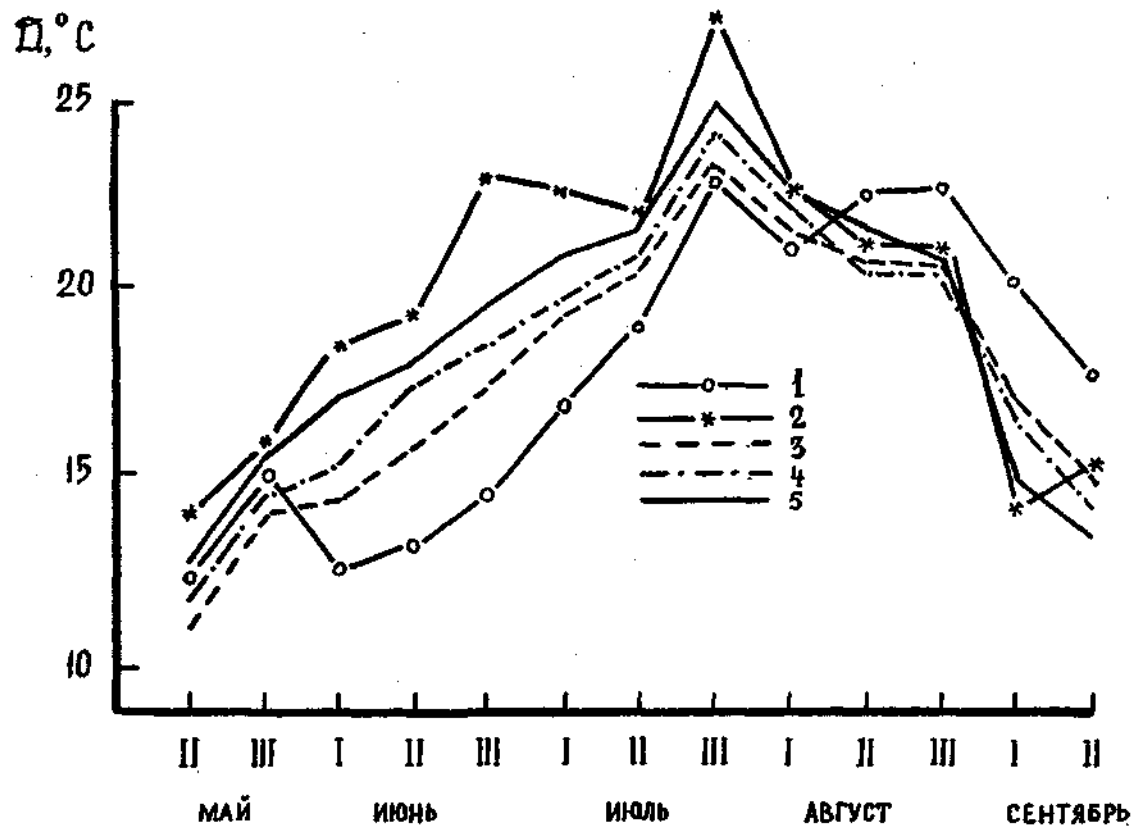


Рис. 4.9 Распределение декадной температуры воздуха $t, ^\circ\text{C}$ в характерные по урожайности годы.

Урожайность: 1 - в 1983 г. (1,52 т/га); 2 - в 1978 г. (3,20 т/га);
 3 - осредненная за низкоурожайные годы; 4 - средняя многолетняя;
 5 - осредненная за высокоурожайные годы.

Ю.В. Зайцевым [46]. Результаты, полученные для разных районов рисосейния, удаленных на тысячи километров друг от друга, оказались идентичными. Средние многолетние сроки сева риса в Краснодарском крае (начало мая) и в Приморском крае (10-15 мая) различаются несущественно, поэтому в обоих районах в июне растения риса, как правило, проходят один из критических периодов [65, 66] - фазу всходы - кущение, и именно в эту фазу уровень температур имеет существенное значение для развития растений, а значит и для формирования урожайности.

Таблица 4.15

Рассчитанные по декадам значения критерия Стьюдента t_c и уровень значимости различий сумм температур в высокоурожайные и низкоурожайные годы

| Характеристика | Май | Июнь | | | Июль | Август | |
|------------------------|------|------|------|------|------|--------|------|
| | 3-я | 1-я | 2-я | 3-я | 1-я | 1-я | 2-я |
| ΔD | 16 | 23 | 26 | 24 | 16 | 16 | 14 |
| t_c | 1,52 | 2,13 | 3,09 | 2,90 | 1,75 | 1,68 | 1,85 |
| Уровень, значимости, % | 10 | 5 | 1 | 5 | 10 | 10 | 10 |

Примечание: ΔD - разность декадных температур по группам лет.

Такие графические зависимости могут быть построены для каждого рисоводческого хозяйства с привлечением метеорологических данных близлежащей метеорологической или агрометеорологической станции. При наличии соответствующих прогнозов потребитель данной МИ может принимать то или иное хозяйственное решение. Кроме того, такие графики могут быть использованы при анализе результатов хозяйственной деятельности.

4.3.3. Оценка влияния комплексных характеристик погоды на урожайность риса и культур его севооборотов

Известно, что засуха определяется рядом метеорологических факторов: температурой воздуха и ее устойчивостью во времени, количеством выпавших осадков, их интенсивностью и частотой, покрытием неба облаками, относительной влажностью, силой ветра и др. Принято считать, что рассматриваемое явление весьма сложное и описать его одним параметром трудно. Существует много различных параметров, которые описывают какую-либо одну из сторон атмосферной засушливости, а это затрудняет сравнение полученных результатов между собой. Анализ работ многих авторов показал, что наиболее приемлемым показателем для исследования засух является критерий, предложенный Д.А. Педем [152]:

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R},$$

где ΔT и σ_T — соответственно аномалия температуры воздуха и ее среднее квадратическое отклонение; ΔR и σ_R — аномалии количества осадков и их среднее квадратическое отклонение. При этом за норму засушливости принимали значения S_i от -1 до 1. Значения S_i от 1 до 2 относили к слабой засушливости, от 2 до 3 — к средней, более 3 — к сильной. Аналогично, значения S_i от -1 до -2 относили к слабому избыточному увлажнению, от -2 до -3 — к среднему, менее -3 к сильному.

Используя данные о средней месячной температуре воздуха и сумме осадков по 10 гидрометеорологическим станциям Приморского края нами совместно с Е.В. Тарасовой были рассчитаны значения параметра S_i за период с 1938 по 1985 гг. за апрель-август. Экстремальные значения S_i приведены в

табл. 4.16. Абсолютный максимум S_i по всем ГМС наблюдался в апреле 1968 г., в мае — преимущественно в 1952 г., в июне — в 1978 г., в июле — 1944, в августе — 1949 г. Абсолютный минимум S_i на всех ГМС и во все месяцы отмечался в различные годы.

Для оценки влияния индекса S_i на урожай риса и сельскохозяйственных культур, составляющих севообороты рисового поля, была рассчитана корреляционная матрица (табл. 4.17). Как видно, высокие положительные корреляционные связи установлены между S_i в июне и урожаями риса ($r = 0,65$), сои ($r = 0,45$). Следовательно, засуха в июне положительно влияет на формирование урожая риса и сои и, напротив, приводит к снижению урожая овса ($r = -0,34$) и ячменя ($r = -0,10$). Для последних наиболее опасна засуха в июле, r соответственно равны $-0,54$ и $-0,35$.

Данные, приведенные в табл. 4.17 подтверждают полученные ранее выводы о том, что средняя месячная температура воздуха и сумма осадков в июне оказывают большое влияние на формирование урожая риса. Высокие корреляционные связи между S_i и урожаями сельскохозяйственных культур дают основание использовать индекс засушливости Д.А. Педя для прогноза урожая и количественной оценки агрометеорологических условий вегетационного периода, а также при агроклиматическом обосновании (или уточнении) размещения сельскохозяйственных культур.

Влияние местных генетических типов погоды (засушливого, умеренно-засушливого и умеренно-влажного), установленных М.Г. Фоминым [216] по методике А.С. Утешева, на урожайность риса исследовано в [230, 171, 232].

Таблица 4.16

Экстремальные значения индекса засушливости (S_i), рассчитанного по средним
 месячным данным за период с 1938 по 1985 гг.

| Месяц | Апрель | | Май | | Июнь | | Июль | | Август | |
|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | Станция | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. | мин. | макс. |
| Пограничный | 1968 3,32 | 1980 -3,66 | 1952 3,59 | 1945 -5,52 | 1978 3,24 | 1974 -5,53 | 1949 2,92 | 1956 -3,84 | 1950 3,55 | 1968 -3,63 |
| Владивосток | 1981 3,17 | 1949 -3,12 | 1952 3,26 | 1955 -5,09 | 1970 3,10 | 1974 -4,60 | 1973 3,19 | 1956 -2,73 | 1950 4,19 | 1942 -3,73 |
| Турый Рог | 1968 2,88 | 1966 -3,24 | 1952 3,03 | 1945 -5,03 | 1978 3,07 | 1974 -4,82 | 1978 2,46 | 1956 -4,57 | 1949 3,31 | 1972 -3,10 |
| Астраханка | 1981 2,07 | 1980 -2,17 | 1952 3,02 | 1945 -5,6 | 1978 3,38 | 1974 -5,24 | 1944 2,77 | 1956 -3,34 | 1949 3,77 | 1972 -3,58 |
| Новосельское | 1968 3,10 | 1967 -2,69 | 1975 3,01 | 1945 -5,13 | 1978 3,55 | 1974 -4,05 | 1944 3,19 | 1956 -3,09 | 1949 3,47 | 1943 -4,15 |
| Свягино | 1968 3,13 | 1974 -2,51 | 1952 3,11 | 1960 -4,52 | 1978 3,18 | 1973 -4,22 | 1944 3,27 | 1959 -2,68 | 1949 3,48 | 1943 -3,07 |
| Анучино | 1968 3,01 | 1974 -3,89 | 1967 3,17 | 1945 -3,14 | 1978 3,61 | 1974 -5,00 | 1971 3,67 | 1950 -3,17 | 1982 3,88 | 1972 -3,76 |
| Кировский | 1968 3,48 | 1980 -3,17 | 1960 3,62 | 1944 -3,05 | 1978 3,25 | 1983 -4,59 | 1976 2,42 | 1959 -2,78 | 1949 3,88 | 1943 -3,45 |
| Дальнереченск | 1968 3,26 | 1942 -3,94 | 1984 2,59 | 1983 -4,68 | 1966 3,09 | 1983 -4,19 | 1944 3,36 | 1971 -3,70 | 1982 3,67 | 1971 -3,61 |
| Тимирязевский | 1968 3,48 | 1949 -3,04 | 1952 3,27 | 1945 -4,27 | 1961 2,48 | 1974 -5,96 | 1973 2,63 | 1950 -3,90 | 1950 3,54 | 1972 -4,47 |

ГЛАВА 5. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ РИСА

5.1. Основные методы прогноза урожайности сельскохозяйственных культур

Основными методами, с помощью которых ведется разработка прогностических моделей погода-урожай, являются: статистические, динамико-статистические, физико-статистические и синоптико-статистические [22, 52, 60, 78, 110, 111, 121, 181, 182, 192, 203, 213, 231, 234, 236, 263 и др.] .

Статистические методы обработки наблюдений стали применяться в агрометеорологии с момента ее возникновения.

В.М. Обухов впервые широко использовал множественный регрессионный анализ для изучения влияния метеорологических условий на урожай сельскохозяйственных культур. Результаты применения статистических методов при разработке способов прогноза урожайности обобщены и представлены в работах советских и зарубежных авторов [79-81, 116, 121, 227] .

В последнее десятилетие большое развитие в агрометеорологии получили динамико-статистические методы, которые могут быть использованы как при моделировании влияния погодных условий и агротехнических приемов на развитие агробиocenозов, так и для программирования и прогноза урожая [23, 180, 182, 251, 277 и др.] .

Выбор оптимальной модели погода-урожай должен определяться с учетом цели исследования и затрат на составление прогноза [187] . По-видимому, нецелесообразно использовать для прогноза динамические модели как более трудоемкие, если результаты прогноза по этой модели и более простой - стати-

стической находятся на одном уровне.

Прогностические модели урожайности риса разработаны в основном с помощью статистических методов применительно к условиям Украины [184], Северного Кавказа [116], Поволжья [32], Средней Азии [2, 3], Приморья [225], Казахстана [67, 215], Краснодарского края [46, 83].

В этих работах приводится большое количество уравнений множественной регрессии, где в качестве предикторов использованы: суммы температур выше 15° , средняя температура воздуха в 13 ч в конце июля, дата перехода средней суточной температуры через 15° осенью [67]; температура воздуха за сентябрь [32]; средняя температура воздуха за определенные межфазные периоды; число продуктивных стеблей на площади 1 м^2 , их высоте, масса 1000 зерен [2]; сумма температур выше 10° С; общая площадь ассимилирующей поверхности в фазу выход в трубку и выметывание, максимальная высота растений, число продуктивных стеблей, средняя интенсивность фотосинтетически активной радиации [184]. Возможности определения продуктивности посевов риса методом спектрофотометрических измерений рассмотрена в [224].

Прогнозы урожая риса составляются для административных районов и на отдельных полях. Кроме того, в [2] прогностические уравнения дифференцированы для различных по скороспелости сортов риса.

Большое внимание отводится разработке методов прогноза урожая риса в Японии и других странах, где велико потребление этой культуры [11, 279, 296]. Обзор статистических методов прогнозирования и моделирования влияния климатических условий на урожайность риса в Японии приведен в работе Мурата [279]. Автор считает, что процесс фотосинтеза является

почти постоянным при определенном диапазоне температуры воздуха. На основании корреляционного анализа установлено, что наиболее важным климатическим фактором, влияющим на продуктивность риса в центральных и южных районах Японии, является солнечная радиация или продолжительность солнечного сияния, в то время как в северных районах — это средняя температура воздуха. ✓

Статистические и динамико-статистические методы прогноза урожайности риса позволяют предсказывать величину ожидаемой урожайности по истечении большей части вегетационного периода, что ограничивает возможности агрометеорологического обеспечения, не позволяет решить задачу оптимизации структуры посевных площадей и рассчитать продуктивность севооборота в конкретном специализированном рисоводческом хозяйстве.

Составить прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур до сева можно по инерционным факторам [60] либо при помощи синоптико-статистического метода [15, 16, 121, 147, 158, 159, 200] .

Проведенные ранее исследования [154, 155, 157, 158, 163] показали, что характер атмосферной циркуляции над Дальним Востоком и тепловое состояние морской подстилающей поверхности в годы с высокой и низкой урожайностью риса существенно различаются по группам лет. Обоснование схемы синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева приведено ниже.

5.2. Теоретическое обоснование схемы долгосрочного синоптико-статистического прогноза средней по краю урожайности риса

Синоптико-статистический прогноз урожайности сельско-

хозяйственных культур разрабатывается на основе методов долгосрочных прогнозов погоды [9, 15, 36, 94, 99, 153, 161, 196, 197, 281] .

Сложные процессы взаимодействия океана, атмосферы и подстилающей поверхности над Дальним Востоком приводят к формированию определенного погодного режима в Приморье и, в частности, по зоне рисосаения.

Согласно исследованиям приведенным в [18, 98, 145, 146, 150, 151, 153, 221, 308] важная роль в формировании погоды принадлежит стратосферной циркуляции.

Взаимодействие процессов в стратосфере и тропосфере может приводить к формированию аномалий тропосферной циркуляции, которые нельзя объяснить исключительно процессами взаимодействия тропосферы с подстилающей поверхностью. Реальность тропосферно-стратосферных связей доказана в работах [145, 155, 221, 280] . Полученные зависимости находят прогностическое применение [18, 146, 148, 158] .

Среди факторов, определяющих условия погоды умеренных широт северного полушария, большое значение принадлежит циркумполярному вихрю (ЦПВ). Колебания его интенсивности и положения значительно влияют на формирование погоды в том или ином районе. Большое внимание уделяется ЦПВ при разработке прогноза погоды как в Советском Союзе, так и за рубежом. Детальный обзор исследований, посвященных изучению ЦПВ и его влиянию на формирование условий погоды, приведен в работах [150, 151] . В этих работах также дана климатическая характеристика полюса циркуляции, координат положения и интенсивности циклонического вихря. Отмечено, что траектории перемещения ЦПВ достаточно сложны. Перемещается

циклонический вихрь вслед за очагом стратосферного холода, который возникает, в основном, в результате охлаждения воздуха в период полярной ночи.

В работе М.Х. Байдала, А.И. Неушкина [16] рассматривается зависимость между положением центра стратосферного вихря и погодой в Казахстане. Зимы, в которых ЦШВ находится в восточном секторе Арктики, отмечаются отсутствием холодов в Европе и в западных районах Азии. Когда же полюс циркуляции располагается в гренландском секторе Арктики, тогда возникают сильные и устойчивые похолодания на обширной территории от Прибалтики до Урала.

Примером успешного использования некоторых характеристик циркуляции стратосферы и в частности информации о ЦШВ в агрометеорологических прогнозах может служить долгосрочный прогноз урожайности яровой пшеницы [184] и риса [159, 169, 171].

Однако, атмосферу можно рассматривать как изолированную среду лишь при краткосрочном прогнозе погоды. При долгосрочном прогнозе такое предположение неприемлемо.

Одно-параметрическая схема долгосрочного прогноза является малоэффективной, даже если этот предиктор физически обоснован. Поэтому целесообразно строить многопараметрические схемы, которые включали бы наиболее значимые факторы, являющиеся источниками долговременных аномалий погоды.

Важными физическими факторами, приводящими к возникновению долгопериодных аномалий погоды, могут быть длительные аномалии температуры поверхности воды [114, 137, 190, 298] и распространение границы снежного и ледяного покрова [15, 196, 197, 254]. В работе [254] указано, что снежный и ледяной покровы являются очень чувствительными элементами

системы: Солнце - Земля - атмосфера и оказывают большое влияние на микроклимат, погоду и общую циркуляцию атмосферы.

В работах, посвященных статистическому анализу между температурным полем океана и атмосферными параметрами, исследовались связи аномалий температуры поверхности воды как с элементами погоды (температура воздуха, осадки и др.), так и с аномалиями атмосферной циркуляции [137, 190 и др.] .

Установлено [114] , что над районами с положительными аномалиями температуры воды формируются области повышенного давления в нижней тропосфере.

Сезонные колебания тепловых потоков от океана в атмосфере в зоне западного переноса изменяют зональность атмосферной циркуляции. Средняя многолетняя картина атмосферной циркуляции характеризуется наличием ложбины над западной и гребнем над восточной частями Тихого и Атлантического океанов [248, 259, 298] .

Количественное подтверждение этому дано в работе Д.А. Педа [151] , который установил, что зимой над океаном по сравнению с континентом и летним периодом наблюдается наибольшая изменчивость в положении планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ). Воздействие океанической подстигающей поверхности отчетливо прослеживается в средней тропосфере, но может охватывать более высокие слои атмосферы вплоть до уровня тропопаузы. Максимальная изменчивость положения ПВФЗ прослеживается в восточной части океана. Обнаружены количественные связи между многолетним положением изотерм поля Северной Атлантики и многолетним положением ПВФЗ.

В [17, 114, 119, 137, 141, 189, 196] установлено, что долго сохраняющиеся в океане обширные районы аномально хо-

лодных или теплых вод могут приводить к засухе. Так, перед засухами на Украине отмечается накопление отрицательных аномалий температуры воды, а перед влажными годами характерно накопление положительных аномалий Δt_w в северной части Атлантического океана. Отрицательные аномалии температуры воды в северной части Тихого океана чаще связаны с пониженным давлением, температурой воздуха и дефицитом осадков.

Наибольшая активность взаимодействия атмосферы и океана в умеренных широтах отмечается в зоне фронтов [45]. Изменение положения высотной фронтальной зоны влияет на горизонтальную протяженность с юга на север дальневосточного высотного гребня, в результате чего зона сходимости потоков на высотах над северо-западной частью Тихого океана располагается севернее или южнее своего обычного положения. При северном положении гидрологического фронта зимой в теплое полугодие создаются благоприятные условия для антициклогенеза над Охотским морем, при его южном положении - над Тихим океаном.

Т. Савада [297], К. Рамедж [185] считают, что атмосферные процессы первой половины лета над Восточной Азией в большей мере находятся под влиянием ледовитости Охотского моря. Охотское море начинает замерзать в ноябре, отдавая тепло, которое, уменьшая скорость охлаждения, увеличивает контраст температуры между сушей и морем. Весной же, таяние льдов, поглощая тепло, задерживает нагревание воды. Образующийся в мае охотский антициклон приводит к локальному формированию летней циркуляции.

Анализ исследований различных авторов [68, 98, 101, 114, 121, 137, 145, 150, 151, 185, 191, 197, 206, 242, 248,

258, 259 и др.] по проблеме долгосрочных прогнозов погоды позволил разработать трехуровневую синоптико-статистическую модель долгосрочного прогноза случайной составляющей урожайности риса (ΔP) на территории юга Дальнего Востока следующего вида:

$$\Delta P = a_1 (A_1 + A_2) + a_2 B + a_3 C + a_4,$$

где a_1 , a_2 , a_3 и a_4 - коэффициенты уравнения. A_1 , A_2 - предикторы, учитывающие циркуляцию тропосферы и стратосферы, B - предикторы, учитывающие тепловое состояние океанической подстилающей поверхности (интенсивность и положение гидрологического фронта, аномалии температуры воды, ледовитость Охотского моря и т.д.), C - предикторы, учитывающие особенности подстилающей поверхности того района, по которому прогнозируется урожайность с учетом биологических требований культуры (снежный покров, сумма осадков за осенне-зимний период, число дней с различными типами погоды и т.д.) и изменений в уровне агротехники.

Так как урожайность риса или другой сельскохозяйственной культуры является функцией множества факторов, то к полноте совокупности признаков, описывающих начальное состояние предсказываемой системы, должны предъявляться строгие требования. В случае, если исходная информация не содержит необходимое количество предикторов, то этот недостаток исходной информации не может быть исключен самыми сложными приемами последующей статистической обработки. С другой стороны, при увеличении количества предикторов растет вероятность появления расчетной неустойчивости прогностической схемы, появляется так называемая "искусственная предсказуемость". Следовательно, с увеличением числа пре-

дикторов уравнения регрессии все более точно аппроксимируют прогнозируемое явление в анализируемом периоде. При этом коэффициенты уравнения становятся все более неустойчивыми и по абсолютной величине и по знаку, что ведет к неустойчивости всей расчетной схемы и, в конечном итоге, к существенным ошибкам при проверке этих уравнений на независимом материале.

К вопросу о выборе наиболее оптимального числа предикторов (j) с объемом выборки (n) в литературных источниках нет четких указаний. Известно, что увеличение числа предсказателей приводит к появлению связей за счет случайного совпадения чисел — так называемой ложной корреляции. С ростом j/n уровень ложной корреляции будет возрастать. М.Г. Тер-Мкртчян [210] предлагает в расчетных схемах использовать не более трех предикторов. Другие авторы [13, 81, 213] определяют j из соотношения $j = (0,1n)$.

Неустойчивость уравнений регрессии и высокий уровень ложной корреляции приводит к искажению как количественного, так и качественного характера связи, что делает невозможным применение полученных уравнений для прогноза.

Следовательно, при разработке любой синоптико-статистической схемы прогноза основное внимание должно быть уделено отбору наиболее информативных предикторов и их преобразованию.

При описании процесса формирования урожайности риса и последующем его прогнозировании с помощью априорной информации на первом этапе необходимо создать упрощенное, схематическое представление о совокупности явлений и процессов, приводящих к формированию как высоких, так и низких урожаев.

В зависимости от конкретных погодных условий, уровня агротехники, доз и видов удобрений, сорта, типов почв и т.д.

можно получить большое количество моделей формирования различных групп урожайности риса, полностью определенных до ограниченного числа моделиобразующих параметров.

Для создания конкретной прогностической синоптико-статистической модели и расчетного способа прогноза урожайности риса или другой сельскохозяйственной культуры необходимо выполнить следующие этапы:

- выявить особенности атмосферной циркуляции предвегетационного и вегетационного периодов в годы с высокой и низкой урожайностью с учетом теплового состояния подстилающей поверхности;

- провести формализацию представленной схемы прогноза;

- проверить работу схемы на фактическом материале;

- проанализировать результаты и отобрать оптимальные схемы прогноза;

Поскольку счетно-решающий алгоритм схемы был основан на статистических методах с учетом синоптических особенностей, то такая схема прогноза является синоптико-статистической.

5.3. Исследование особенностей атмосферной циркуляции и теплового состояния морской подстилающей поверхности в урожайные и неурожайные по рису годы

На первом этапе разработки синоптико-статистического метода прогноза случайной составляющей урожайности любой сельскохозяйственной культуры необходимо детально исследовать особенности атмосферной циркуляции в тропосфере и стратосфере с тем, чтобы в дальнейшем использовать их при построении конкретных прогностических схем.

Применительно к разработке синоптико-статистического ме-

тогда прогноза урожайности ΔP риса исследовались особенности атмосферной циркуляции на пространстве второго естественного синоптического района [157, 158], теплового состояния морской подстилающей поверхности [155, 157].

Одним из основных макроциркуляционных объектов атмосферной циркуляции над северным полушарием, определяющим условия погоды в умеренных широтах, является циркумполярный вихрь (ЦПВ). Под ЦПВ понимается общее циклоническое (антициклоническое) движение воздуха вокруг полюса. В некоторых случаях, чаще в холодное полугодие, при двухцентральной структуре ЦПВ значительно перемещается в сторону континентов [150, 208]. Циркумполярный вихрь имеет довольно сложную структуру и существует как в тропосфере, так и в стратосфере. Поэтому прежде всего нами были выявлены особенности местоположения и интенсивности (за интенсивность принималась глубина ЦПВ, выраженная в дам) циркумполярного вихря в годы с высокими и низкими урожаями риса [158].

В качестве основных параметров ЦПВ рассматривались координаты его центра (φ - широта и λ - долгота) и значение геопотенциала (H) в центре ЦПВ на изобарических поверхностях H_{100} , H_{50} , H_{30} по средним месячным полям. В тех случаях, когда ЦПВ имел два центра и более, учитывался центр, расположенный в Азиатском секторе Арктики или над Азиатским континентом. Затем рассчитываются средние по группам лет значения

$\bar{\varphi}$, $\bar{\lambda}$, \bar{H} для ЦПВ по отдельным месяцам (табл. 5.1).

Местоположение ЦПВ различается по группам лет. Причем наиболее существенные различия наблюдались на поверхности H_{100} в ноябре, январе и марте. Несколько хуже эти различия проявлялись в вышележащих поверхностях: H_{50} и H_{30} .

Таблица 5.1

Осредненные значения параметров циркумполярного вихря в
годы с высокой и низкой урожайностью риса

| Группа лет | Уровень Н, гПа | Ноябрь i -го года | | | Декабрь i -го года | | | Январь $(i+1)$ -го года | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | $\bar{\varphi}^{\circ}$ | $\bar{\lambda}^{\circ}$ | $\bar{H}_{\text{дам}}$ | $\bar{\varphi}^{\circ}$ | $\bar{\lambda}^{\circ}$ | $\bar{H}_{\text{дам}}$ | $\bar{\varphi}^{\circ}$ | $\bar{\lambda}^{\circ}$ | $\bar{H}_{\text{дам}}$ |
| С высоким урожаем, $\Delta p > 0,25$ т/га | 100 | 70 | 118 | 1539 | 71 | 107 | 1520 | 68 | 92 | 1526 |
| | 50 | 78 | 98 | 1959 | 83 | 106 | 1931 | 80 | 73 | 1933 |
| | 30 | 81 | 90 | 2264 | 84 | 98 | 2230 | 80 | 69 | 2240 |
| С низким урожаем $\Delta p < 0,25$ т/га | 100 | 79 | 70 | 1527 | 76 | 90 | 1514 | 71 | 106 | 1514 |
| | 50 | 79 | 81 | 1950 | 79 | 98 | 1930 | 70 | 83 | 1942 |
| | 30 | 78 | 116 | 2256 | 79 | 95 | 2233 | 72 | 70 | 2246 |

| Группа лет | Уровень Н, гПа | Февраль $(i+1)$ -го г. | | | Март $(i+1)$ -го года | | |
|---|----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | $\bar{\varphi}^{\circ}$ | $\bar{\lambda}^{\circ}$ | $\bar{H}_{\text{дам}}$ | $\bar{\varphi}^{\circ}$ | $\bar{\lambda}^{\circ}$ | $\bar{H}_{\text{дам}}$ |
| С высоким урожаем $\Delta p > 0,25$ т/га | 100 | 77 | 81 | 1513 | 65 | 102 | 1527 |
| | 50 | 79 | 67 | 1939 | 79 | 86 | 1961 |
| | 30 | 79 | 69 | 2246 | 75 | 74 | 2268 |
| С низким урожаем $\Delta p < 0,25$ т/га | 100 | 74 | 93 | 1512 | 76 | 91 | 1523 |
| | 50 | 80 | 95 | 1924 | 76 | 76 | 1949 |
| | 30 | 80 | 63 | 2230 | 75 | 65 | 2260 |

Примечание: высокая урожайность риса при $\Delta p > 0,25$ т/га,
низкая - при $\Delta p < -0,25$ т/га.

Перед годом с высокой урожайностью риса центр ЦПВ был смещен в сторону Азиатского континента и преимущественно (60 %) располагался южнее 70° с.ш. Дальневосточная ложбина при таком положении центра получала значительное развитие в меридиональном направлении и достигала районов Хабаровского края. Такое положение ЦПВ в 72 % случаев наблюдалось в ноябре предшествующего года, в январе и марте года с высоким урожаем. В отдельных случаях центр ЦПВ опускался до $50-60^{\circ}$ с.ш. и располагался над Алданом или над северными районами Хабаровского края. В остальные месяцы рассматриваемого периода ЦПВ находился в более северных широтах. Исключение в группе высокоурожайных лет составил 1968 г., когда только в одном месяце (ноябре) ЦПВ располагался южнее 70° с.ш.

Для поверхности H_{50} и H_{30} перед высоким и низким урожаями общая тенденция в положении ЦПВ была такой же, как и на H_{100} , но количественно эти различия выражались слабее.

Перед годом с низкой урожайностью ЦПВ в 78 % случаев располагался северо-западнее своего обычного положения и находился с декабря по март над полуостровом Таймыр. Вероятности отклонения центра как в сторону северного полюса, так и в сторону Хатанги равны и составили по II %. В ноябре же ЦПВ занимал самое северо-западное положение и располагался в Европейском секторе Арктики над Землей Франца Иосифа.

Таким образом, перед высоким урожаем ЦПВ преимущественно располагался юго-восточнее своего обычного положения, а перед низким - северо-западнее. Интенсивность вихря перед низким урожаем, как правило, была ниже, чем перед высоким (рис. 5.1).

Поскольку в прогностических схемах, как было показано

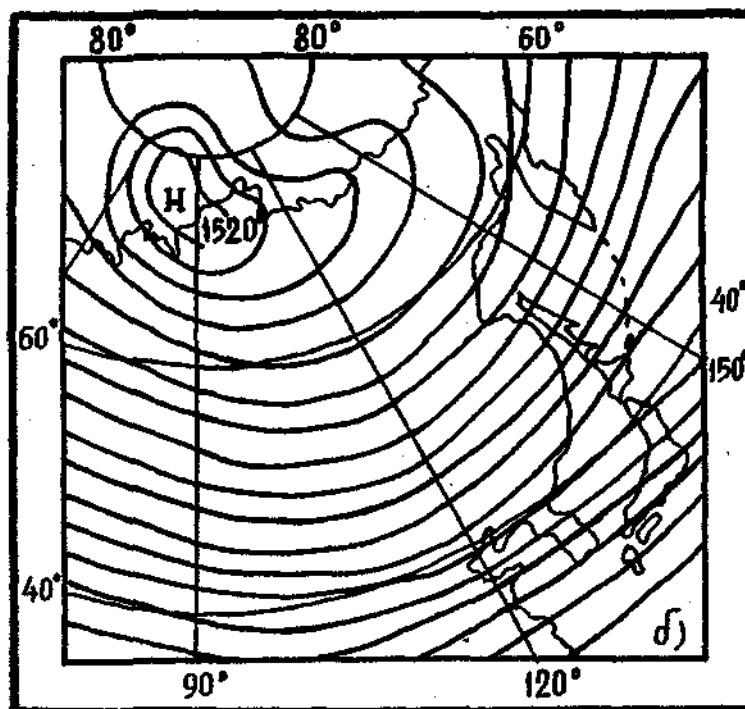
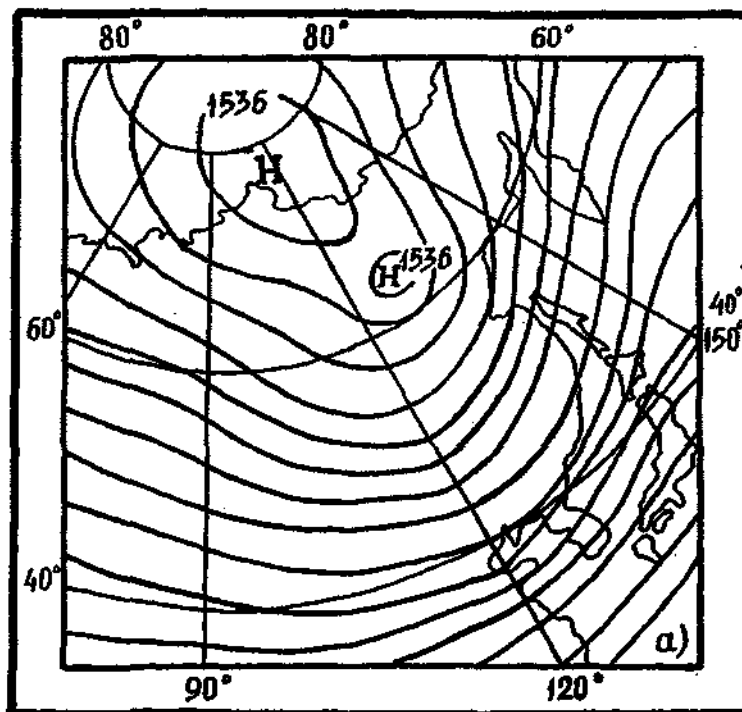


Рис. 5.1. Среднее поле (геопотенциала изобарической поверхности) H_{100} в ноябре 1977 г. (а) перед высокой и в ноябре 1980 г. (б) перед низкой урожайностью риса в Приморском крае.

в 5.2, целесообразно использовать не более 2-3 предикторов, характеризующих в целом систему "подстилающая поверхность - атмосфера", то возникла необходимость в концентрации информации, описывающей положение и интенсивность ЦПВ. Поэтому был разработан комплексный показатель циркумполярного вихря W , который определяется следующим образом. Первоначально строятся карты (М I : 75 000 000) локализации циклонических центров по средним месячным полям H_{100} (рис. 5.2). Затем определяются средние многолетние траектории перемещения ЦПВ для отдельных месяцев холодного полугодия. Точка пересечения оси многолетней миграции центров ЦПВ с нулевым меридианом условно принимается за точку отсчета (0). Рассчитывается комплексный показатель по следующей формуле:

$$W = \ell (H - 1500), \quad (5.1)$$

где ℓ - расстояние от точки 0 до проекции центра ЦПВ на ось миграции OA; H - среднее месячное значение геопотенциала (дам) в центре циклона. При $H \leq 1500$ дам показатель $W = \ell$.

Физический смысл W раскрывается следующим образом: с помощью ℓ учитывается местоположение ЦПВ относительно средней многолетней оси миграции. С синоптической точки зрения этот параметр отражает наличие и распространенность в юго-восточном направлении высотной дальневосточной ложбины; чем больше значение ℓ , тем более выражена ложбина. Согласно данным табл. 5.1, ЦПВ более интенсивен при уменьшении значения ℓ , в этих случаях над умеренными широтами северного полушария осуществляется интенсивный западно-восточный перенос (рис. 5.1б). Учитывая интенсивность ЦПВ при расчете W по формуле (5.1), мы концентрируем в нем все три основных параметра циркумполярного вихря. При исследовании W на значимость при

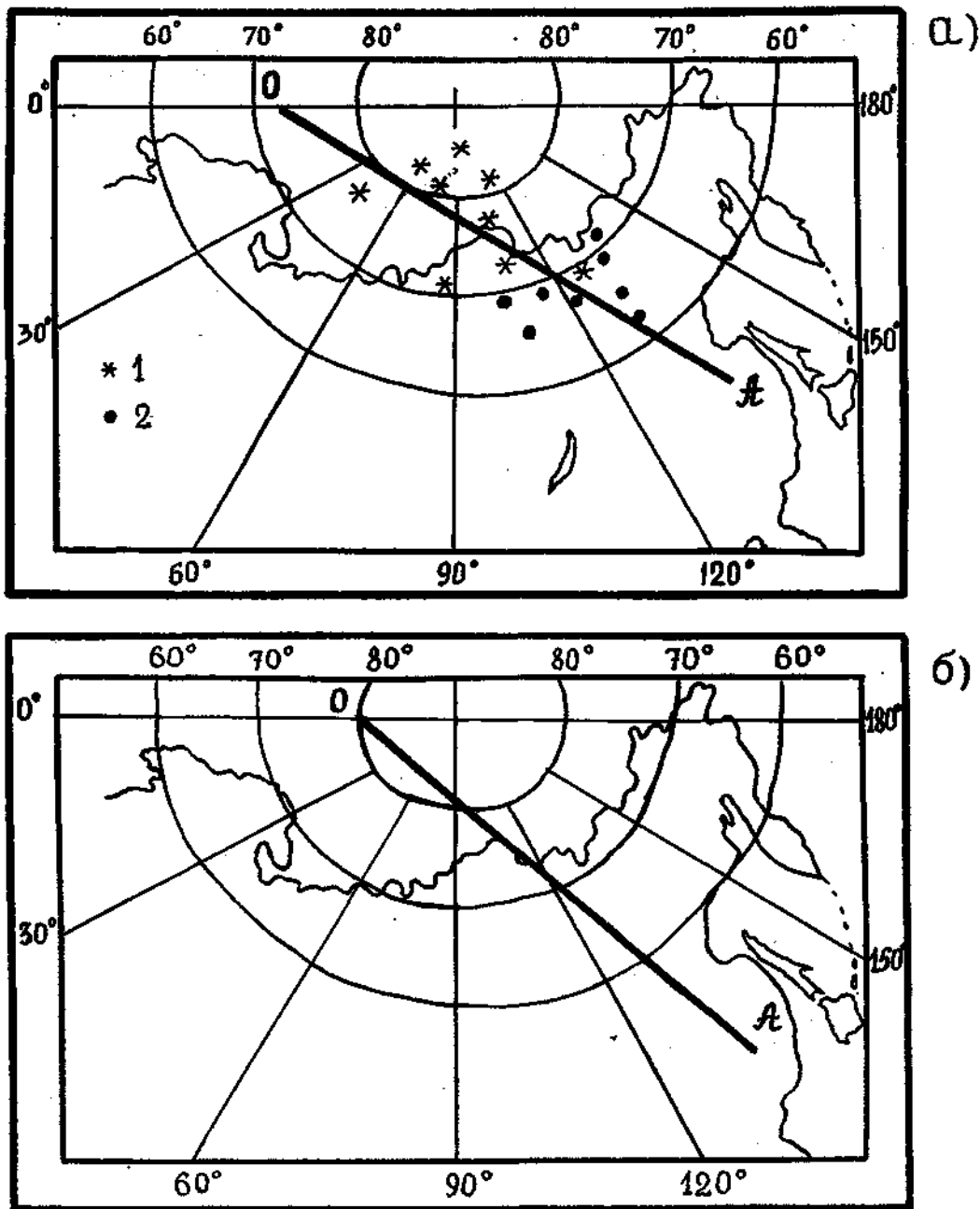


Рис. 5.2. Локализация средних месячных циклонических центров на N_{100} в ноябре предшествующего (а) и марте текущего года перед низкой (1) и высокой (2) урожайностью риса. OA – средняя многолетняя ось перемещения центров циркумполярного вихря.

помощи t -критерия Стьюдента (t_c) оказалось, что W существенно различается в годы с высокой и низкой урожайностью риса в ноябре предшествующего года (на 1 %-ном уровне) и в марте текущего года (на 5 %-ном уровне).

Поскольку анализ особенностей атмосферной циркуляции в нижней стратосфере над Дальним Востоком осуществлялся путем рассмотрения средних месячных полей, на которых некоторые характеристики атмосферной циркуляции в течение месяца могут быть сглажены, то в дальнейшем исследование особенностей атмосферной циркуляции в различных по урожайности годы целесообразно проводить с помощью форм циркуляции атмосферы.

Формы циркуляции атмосферы Каца - Громовой определяются по ежедневным полям H_{500} . В основу этой типизации положена классификация, предложенная А.Л. Кацем и распространенная на районы Восточной Сибири и Дальнего Востока Г.Г. Громовой, а затем детализированная О.К. Ильинским [92].

В соответствии со структурой высотного поля выделены следующие формы циркуляции:

одна широтная (Ш) и четыре меридиональных (З - западная, Ц - центральная, С - смешанная, В - высотная). Ситуации, при которых структуру высотного поля нельзя отнести ни к широтной, ни к меридиональной, выделены в группу Н - неопределенные поля. Широтные формы циркуляции атмосферы разделялись на шесть разновидностей ($Ш^1, Ш^2, Ш^3, Ш^4, Ш^5, Ш^6$) в зависимости от положения высотных фронтальных зон [92, 95].

При исследовании особенностей циркуляции в тропосфере были использованы календари форм атмосферной циркуляции, составленные В.С. Калачиковой, Е.В. Николаевой [95].

На рис. 5.3 приведены отклонения от нормы числа дней с

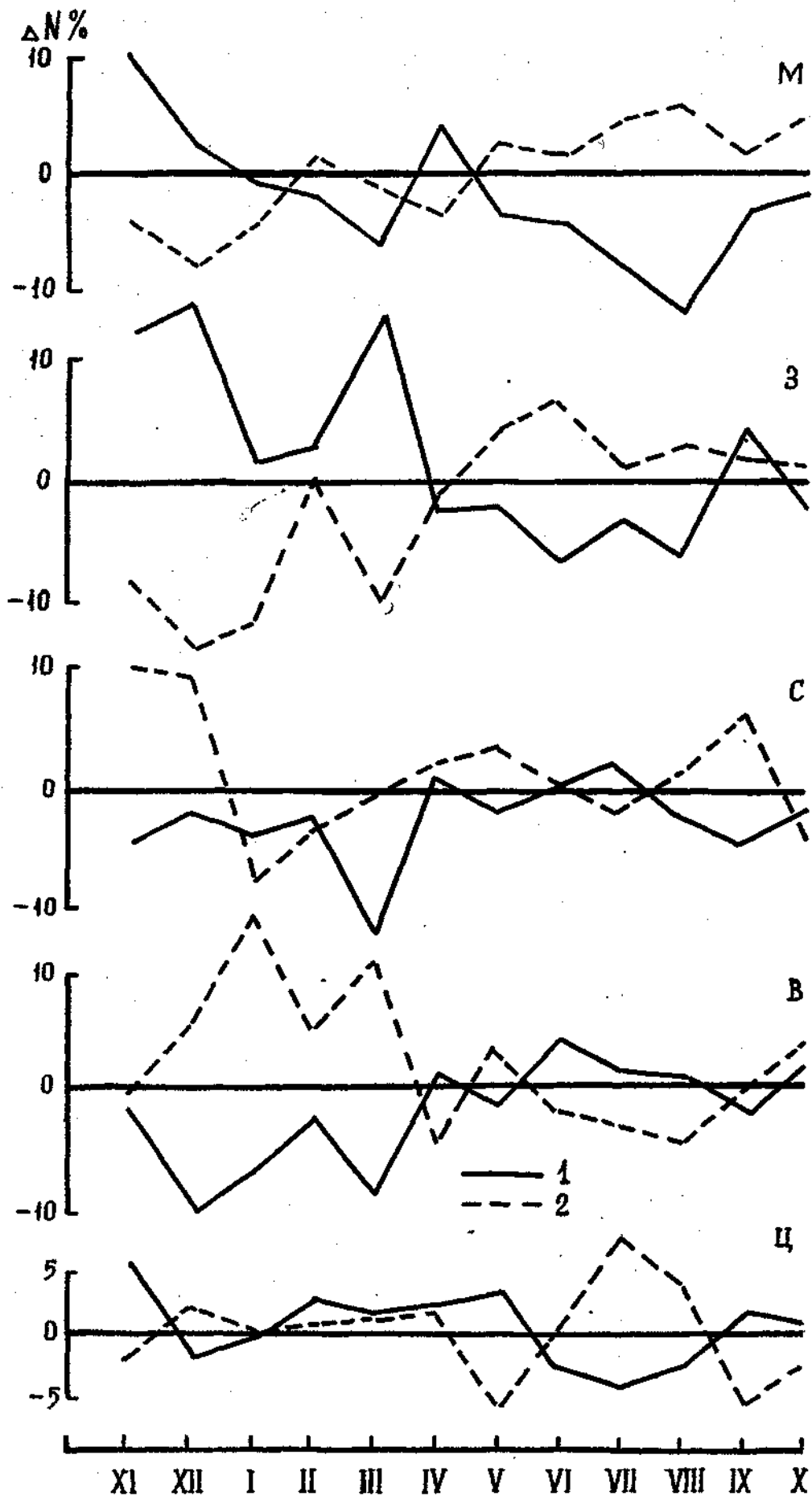


Рис. 5.3. Отклонения от нормы числа дней $\Delta N\%$ с меридиональной формой циркуляции: западной (З), смешанной (С), восточной (В), центральной (Ц) и их суммой (М). Годы: 1 - с высокой, 2 - с низкой урожайностью.

меридиональными формами циркуляции в годы с высоким и низким урожаями риса в Приморском крае. Перед высокой урожайностью риса в ноябре, декабре и апреле сумма меридиональных форм циркуляции ΣM превышает норму на 3-10 %. Перед низкой урожайностью, напротив, повторяемость M за ноябрь - январь на 3-7 % ниже нормы. Максимальные различия в отклонениях по группа лет для западной формы циркуляции отмечены в ноябре-январе, марте, мае, июне, августе; для смешанной - в ноябре, декабре, марте и сентябре; для восточной - в декабре; для центральной - в мае и июле.

Отклонения широтных форм циркуляции в годы с различной урожайностью противоположны отклонениям меридиональных форм. Так, в ноябре, декабре и апреле перед высоким урожаем риса повторяемость широтных форм циркуляции на 3-10 % меньше нормы. В период вегетации (с мая по сентябрь) в годы с высоким урожаем широтные формы циркуляции на 4-11 % превышают норму, в годы с низким урожаем их повторяемость на 2-6 % ниже нормы. Наибольшие противоположные по знаку отклонения числа дней от нормы в разные группы лет для Ш^2 наблюдались в ноябре, апреле, мае, июле и августе; для Ш^3 - в феврале, апреле и октябре; для Ш^5 - с мая по август.

Таким образом, использование объективной типизации атмосферных процессов над Дальним Востоком позволило подтвердить выводы, полученные ранее в результате изучения особенностей местоположения и интенсивности циркумполярного вихря. Атмосферные процессы как в тропосфере, так и в нижней стратосфере в годы с высокими и низкими урожаями риса в Приморском крае существенно различаются между собой.

В работах [II, 45, 185, 194, 308] показано, что колеба-

ния теплового состояния подстилающей поверхности существенно воздействуют на особенности атмосферной циркуляции путем влияния на сезонные центры действия атмосферы — охотский антициклон и летнюю дальневосточную депрессию. Поэтому необходимо установить связь между особенностями теплового состояния дальневосточных морей и урожайностью риса.

В качестве одного из показателей термического состояния Охотского моря была использована ледовитость (в процентах покрытия акватории моря). Анализ исходной информации производился путем сравнения ледовитости моря в годы с высокими и низкими урожаями риса. Установлено [155], что средняя декадная ледовитость Охотского моря в годы с высоким урожаем больше, чем в годы с низким. Причем процессы ледообразования наиболее интенсивно проходят перед годом с высоким урожаем, а разности между средней по этим группам лет ледовитостью в отдельные декады достигают 10 % площади моря.

Побережье Приморского края омывается непосредственно водами Японского моря, в северо-западной части которого находится холодное Приморское течение. В юго-восточной части моря вдоль западного побережья Японских островов проходит ветвь теплого течения Курошио. Нам не удалось обнаружить литературных источников, в которых рассматривалось бы влияние теплового состояния Японского моря на характер местной циркуляции и режим погоды Приморского края.

При выборе характеристики теплового состояния Японского моря мы руководствовались рекомендациями А.Н. Крынцина [114]. Согласно его данным, прогностическая ценность аномалий температуры поверхности воды Δt_w для сезонных прогнозов значительно выше, чем аномалии разности температур вода-воздух Δt_{w-a} .

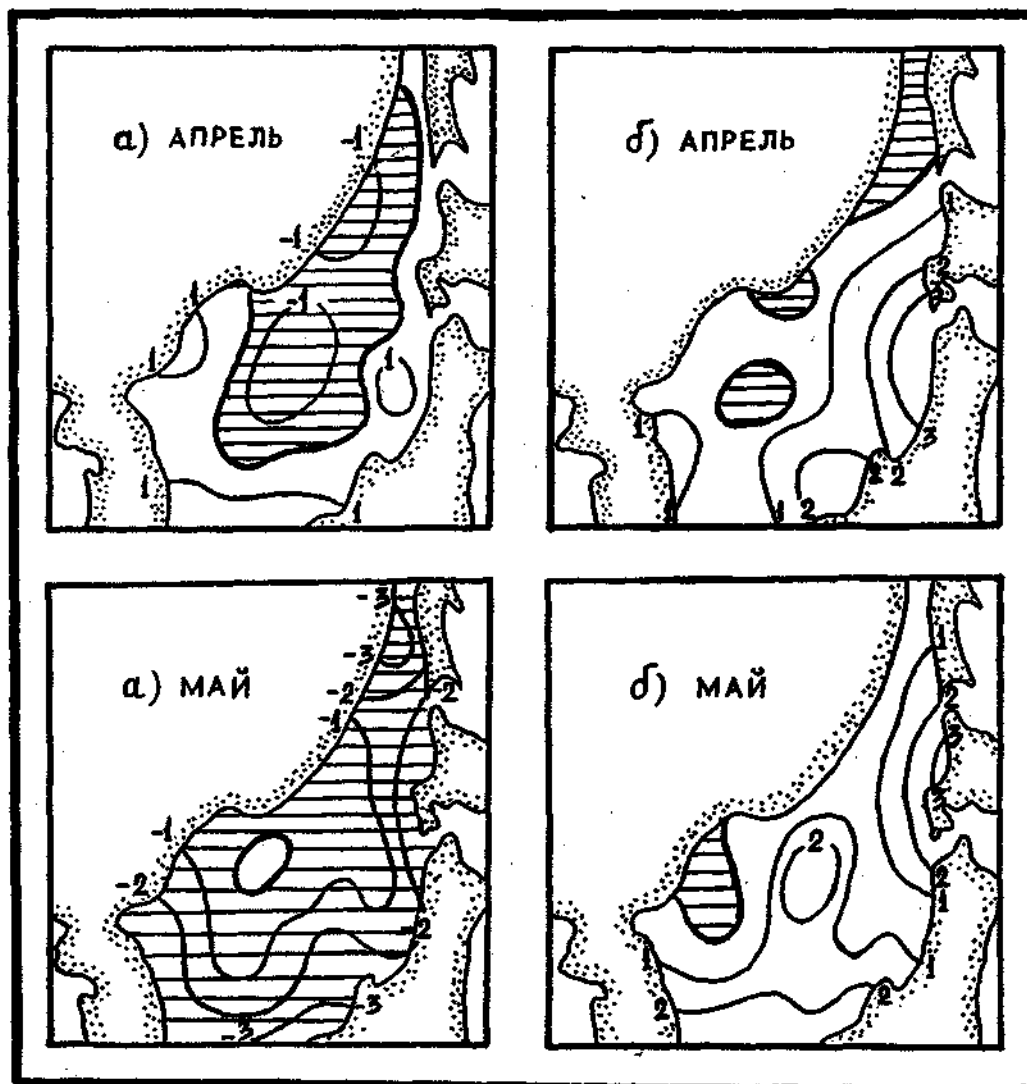


Рис. 5.4а. Средние месячные аномалии температуры поверхности воды Японского моря в низкоурожайном 1969 г. (а) и высокоурожайном 1975 г. (б).

где: 1 - область отрицательных аномалий;
2 - нулевая изаномала.

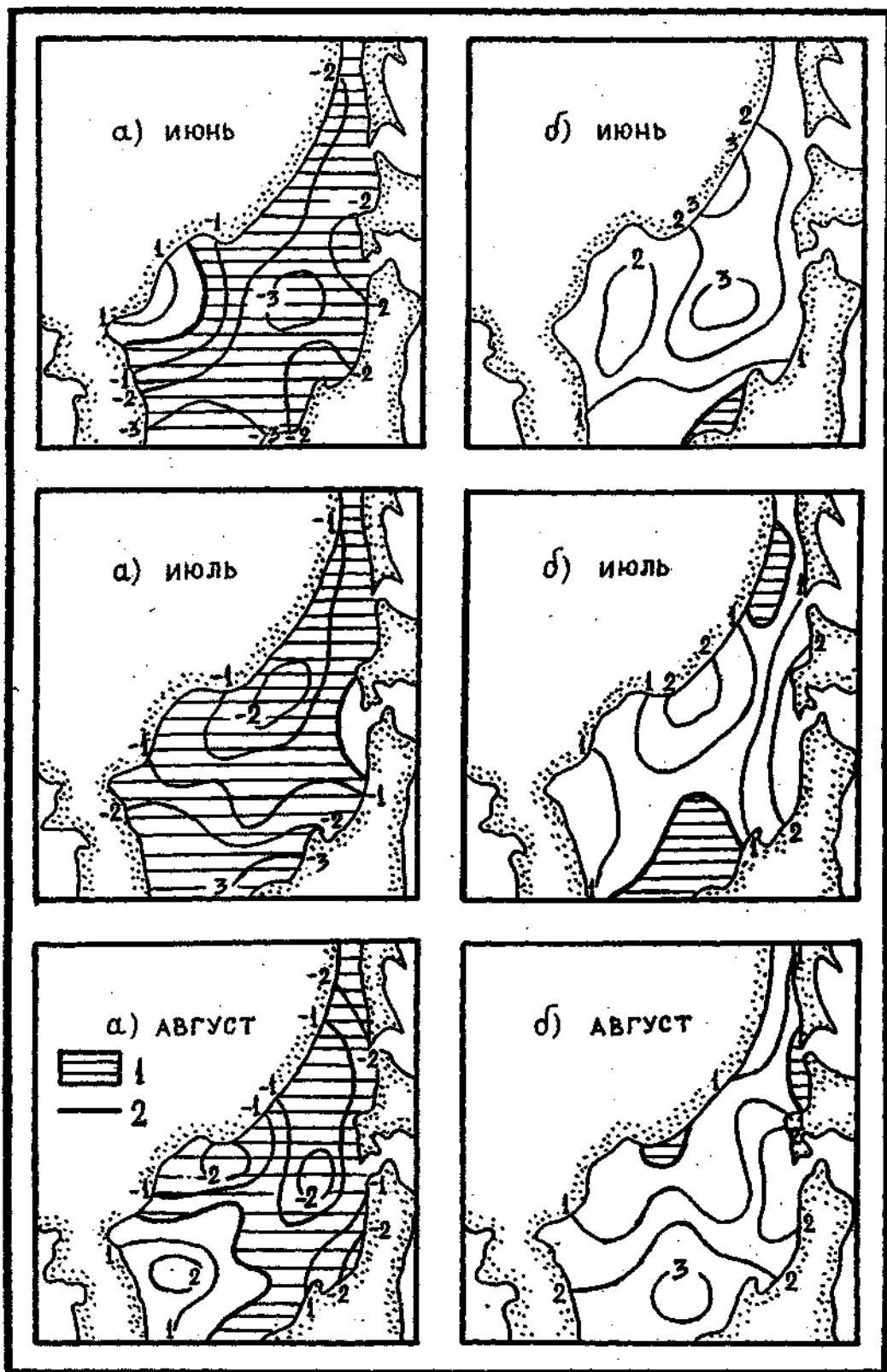


Рис. 5.46. Средние месячные аномалии температуры поверхности воды Японского моря в низкоурожайном 1969 г. (а) и высокоурожайном 1975 г. (б).

где: 1 - область отрицательных аномалий;
2 - нулевая изаномала.

Поскольку период формирования урожая соизмерим с теплым полугодием, то для характеристики термического состояния Японского моря нами были выбраны аномалии средней месячной температуры поверхности воды. Как показал анализ полей аномалий Δt_w , существенных различий в тепловом состоянии Японского моря в зимний период по группам лет с высоким и низким урожаями риса не обнаружено. В теплое полугодие связь между Δt_w и урожайностью риса выражена достаточно четко и определено (рис. 5.4). В годы с низким урожаем уже в апреле на большей части акватории моря наблюдались отрицательные аномалии температуры воды, причем зона с ними располагалась в центральной части моря и вдоль побережья Приморья. В мае знак аномалии сохранился, ее значение увеличилось до $-3,2^{\circ}\text{C}$. В июле и августе сохранилось аналогичное для июня распределение отрицательных аномалий по акватории Японского моря. В годы с высоким урожаем, напротив, с апреля по август над большей частью поверхности Японского моря наблюдались положительные Δt_w .

Аналогичные результаты отмечены у Х.Аракавы [II] и М.Ханзэмы [258], которые исследовали зависимость между урожайностью риса в Японии и характером аномалий Δt_w водных бассейнов, омывающих Японские острова.

Коэффициенты корреляции между Δt_w Японского моря и отклонениями урожайности от тренда в Приморье, полученные по данным за 1960-1987 гг., приведены в табл. 5.2. В период с апреля по август коэффициенты корреляции находятся в пределах от 0,62 до 0,78. Менее значима связь в январе ($r = 0,56$).

Высокие значения коэффициентов корреляции указывают на наличие достаточно тесной связи между урожайностью риса в

Приморском крае и тепловым состоянием Японского моря в теплое полугодие.

Таблица 5.2

Связь (коэффициент корреляции r) между средней месячной температурой поверхности воды Японского моря и урожайностью риса в Приморье

| Месяц | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| r | -0,24 | 0,18 | 0,56 | 0,23 | 0,20 | 0,78 | 0,70 | 0,74 | 0,63 | 0,62 | 0,52 |

5.4. Физическая схема связи развития атмосферных процессов над Дальним Востоком с условиями формирования урожайности риса

Сложные процессы взаимодействия океана и атмосферы над Дальним Востоком приводят к формированию определенного погодного режима в Приморье [90, 91, 96, 216] и в частности по зоне рисосеяния [171, 230]. Связь между атмосферой циркуляцией и колебаниями урожайности риса и культур его севооборотов рассматривается в следующей последовательности: взаимодействие океана и атмосферы \rightarrow тип погоды \rightarrow микроклимат \rightarrow урожайность.

На основании проведенных исследований [154-159, 163, 171, 226, 229-233] представлена схема развития процессов в атмосфере и гидросфере, приводящих к формированию определенного типа погоды и соответствующей ему аномалии урожайности.

В годы перед высокой урожайностью риса в Приморском крае в течение предшествующего зимнего периода (ноябрь-март)

над Дальним Востоком преобладают меридиональные формы циркуляции. В частности, повторяемость западной формы циркуляции в такие годы выше нормы на 3-11% в зависимости от месяца. При этой форме циркуляции над Восточной Сибирью располагается высотный гребень. Центр ЦПВ в нижней стратосфере (H_{100}) смещен на Азиатский континент и расположен юго-восточнее своего обычного положения, дальневосточная высотная ложбина получает значительное развитие в меридиональном направлении и достигает районов нижнего течения реки Амур (см. рис. 5.1а). Повторяемость широтных форм циркуляции в этот период меньше нормы, отмечаются в основном те их разновидности, при которых высотная фронтальная зона занимает наиболее южное положение (южнее 40° с.ш.).

При таком положении и развитии дальневосточной ложбины, по ее западной периферии осуществляется адвекция арктических воздушных масс, приводит к формированию отрицательных аномалий температуры воздуха у поверхности земли над югом Дальнего Востока и над Японскими островами. Высотная фронтальная зона и гидрологический фронт характеризуются более южным положением. Циклоническая деятельность развивается преимущественно над Беринговым морем и Камчаткой. Эти два фактора, термический и динамический, способствуют более интенсивному процессу ледообразования над Охотским морем и ледовитость Охотского моря в годы перед высоким урожаем выше нормы.

В марте при общем доминировании меридиональных форм увеличивается повторяемость (до 5%) широтных форм циркуляции.

В вегетационный период в годы с высокой урожайностью циркумполярный вихрь занимает более северное положение, чем

в годы с низким. Летний дальневосточный гребень выражен слабо, повторяемость широтных форм циркуляции выше нормы на 5-11 %. Среди их разновидностей, как правило, наблюдаются такие, при которых высотные фронтальные зоны располагаются в более северных широтах - между 40 и 60° с.ш. и севернее 60° с.ш. Повторяемость западной формы циркуляции, напротив, в июне-августе меньше нормы на 5-7 %. Над большей частью Дальнего Востока, в том числе и над Приморьем и дальневосточными морями осуществляется зональный перенос. При северном положении центра ЦПВ происходит его сокращение, что усиливает циклоническую деятельность над северными районами Дальнего Востока [208] .

У поверхности земли над Японским морем, Приморьем и Корейским полуостровом, как правило, расположен отрог северо-тихоокеанского антициклона, которому предшествует [194] более южное расположение гидрологического фронта и планетарной высотной фронтальной зоны зимой.

Тепловое состояние поверхности Японского моря в теплое полугодие таких лет характеризуется положительными аномалиями температуры поверхности воды (см. рис. 5.4). Согласно исследованиям К. Хишиды, К. Нишиямы [259] , Т. Шелл [301] , Т. Барнетта [243] положительные отклонения температуры воды от нормы Δt_w способствуют увеличению теплоотдачи океана, повышению энтальпии атмосферы в районах, близких к очагу аномалии, образованию высотного гребня, искривляющего зональный перенос, что приводит также к продвижению ВФЗ к северу [101] .

Следовательно, влияние положительных аномалий температуры поверхности воды Японского моря в теплое полугодие на

формирование высокой урожайности риса в Приморском крае осуществляется двояким образом. С одной стороны, это непосредственно согревающее воздействие моря на прилегающие территории, а с другой — при формировании гребня высокого давления над теплой подстилающей поверхностью по зоне рисосеяния Приморского края устанавливается антициклональный засушливый тип погоды с повышенной инсоляцией (см. гл. 4), что приводит к росту сумм температур выше 10°C . Средние суммы температур выше 10°C в годы с высокими урожаями изменяются по зоне рисосеяния от 2720 до 2900°C , что на $150-200^{\circ}\text{C}$ выше средних многолетних. С повышением температуры воздуха увеличивается интенсивность ^{фотосинтеза} дыхания растений риса и, как следствие, урожай.

В годы перед низкой урожайностью риса циркумполярный вихрь, как правило, расположен северо-западнее своего обычного положения (рис. 5.16). Над Дальним Востоком наблюдается интенсивный зональный перенос, высотная дальневосточная ложбина слабо выражена. Меридиональные процессы осуществляются в отличие от лет с высокой урожайностью ниже нормы (до 10 %). В том числе западная форма циркуляции с ноября по март наблюдается меньше нормы на 9-12 % (рис. 5.3). Широтные формы циркуляции, напротив, встречаются в ноябре-январе выше нормы на 4-7 % [171]. Высотная фронтальная зона проходит севернее Байкала, над средним течением Амура и далее на юг Охотского моря. При перемещении циклонов вдоль высотной фронтальной зоны на акваторию Охотского моря происходит вынос теплых воздушных масс, на большей части территории Дальнего Востока формируются положительные аномалии температуры воздуха у поверхности земли, вследствие чего ледовитость Охотского моря перед низким урожаем, как правило, ниже нормы.

В теплое полугодие, в эти годы, центр ЦПВ смещается в сторону континента вдоль 120–130° в.д. и в июне занимает самое южное положение – над районами Алдана. Чаше нормы осуществляются меридиональные формы циркуляции, особенно центральная и западная. При последней над средним течением реки Амур, южными районами Хабаровского края стационарирует высотный циклон (H_{500}).

Отрицательные аномалии температуры поверхности воды Японского моря с апреля по сентябрь (см. рис. 5.4) также способствуют формированию высотной ложбины над Приморьем. У поверхности Земли усиливается адвекция относительно холодных влажных воздушных масс, при увеличении облачности увеличивается число дней с осадками, туманами, уменьшаются инсоляция [220] и суммы температур выше 10 °С (рис. 5.5) Это приводит к формированию положительных отклонений от нормы числа дней с влажным типом погоды и отрицательных – с засушливым типом погоды. При таких погодных условиях урожайность риса падает, развивается пустозерность и снижается вес зерновок.

В эти годы в приозерных и незащищенных от воздействия влажных морских воздушных масс климатических микроподрайонах (КМПР) III^а, III^б и II^а (Рис. 5.6) зоны рисосеяния складывается более неблагоприятный температурный режим, чем в удаленных от озера и защищенных КМПР IV^а и IV^б. Этим, по-видимому, и объясняется наибольшая изменчивость урожайности риса ($\sigma = 0,56$ т/га) в хозяйствах, расположенных на территории КМПР III^а, III^б и II^а. В свою очередь внутри КМПР наименее теплообеспеченными являются рисовые чеки с торфянистыми почвами, на которых в целом за период вегетации при погоде типа IV (влаж-

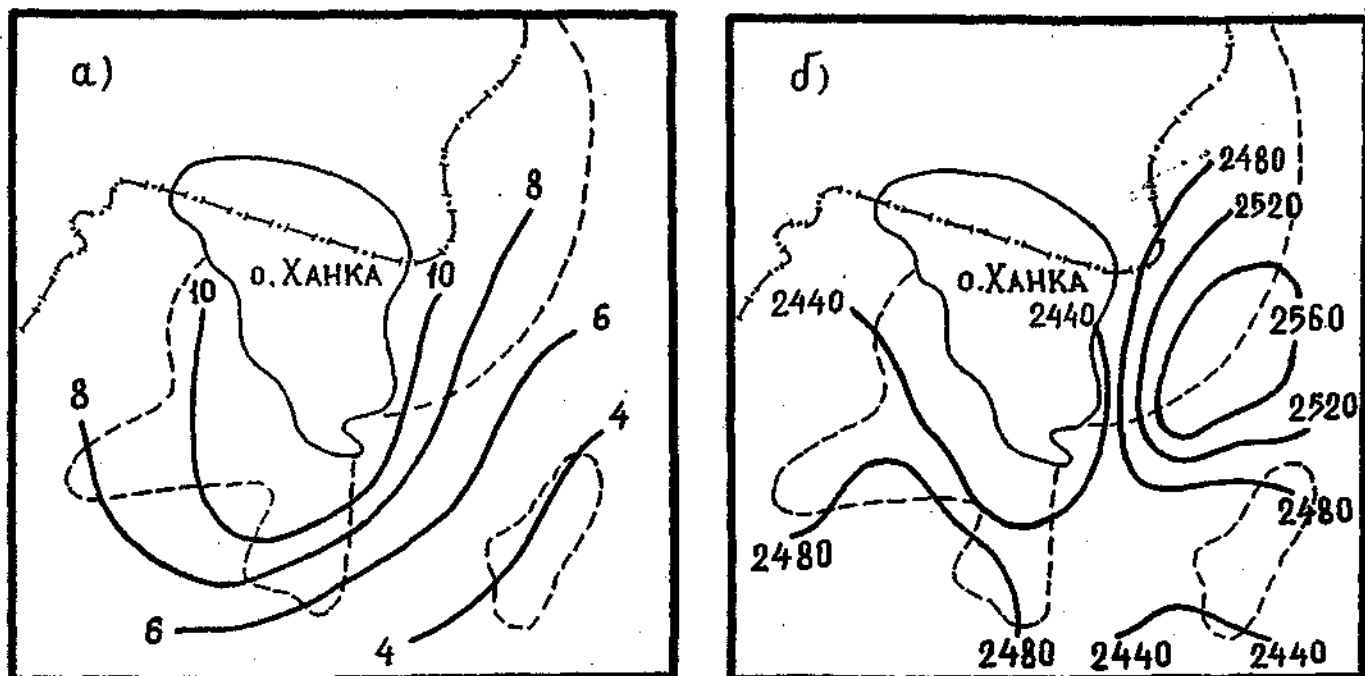


Рис. 5.5. Средние отклонения от нормы числа дней с влажным типом погоды (а) и средние суммы температур выше 10 °С (б) по зоне рисосеяния Приморского края в годы с низкой урожайностью риса.

ном) сумма активных температур меньше на 80–100 °С, чем на неорошаемом участке.

Районирование зоны рисосеяния по микроклиматообразующим факторам, в качестве которых учитывался рельеф Приморья, особенности муссонной циркуляции [118, 177, 185, 206], удаленность территории от побережья и защищенность ее от холодных влагонесущих потоков южного направления, выполнено ранее автором совместно с Ю.И. Чирковым и Л.С. Чернышевой [233]. Схема районирования приведена на рис. 5.6.

В табл. 5.3 приведены количественные характеристики изменчивости сумм температур выше 10 °С, определяемые циркуляционными и микроклиматическими факторами, по центральной части зоны рисосеяния (КМНР IV^а и КМНР IV^б). Оказалось, что средние разности температур $\Delta \Sigma T$ между средними $\overline{\Sigma T}$ в годы с высокой и низкой урожайностью составляют 340 °С. С учетом среднего квадратического отклонения это значение может увеличиться до 550 °С. Аналогичные результаты получены для остальных КМНР. С поправками на тип погоды и тип почвы изменения сумм температур на рисовом поле за период вегетации могут дополнительно составлять от 120 до –100 °С.

Следовательно, в годы с низким урожаем растения риса на чеках с торфом в КМНР IV^а получают тепла на 600–650 °С меньше, чем в КМНР IV^б на чеках с лугово-буровыми почвами в годы с высоким урожаем. Такие колебания сумм температур по зоне рисосеяния и являются, на наш взгляд, одной из главных причин, вызывающих пространственную изменчивость урожайности риса в Приморском крае. Как следует из данных табл. 5.3, основная доля изменчивости сумм температур на рисовом поле (не менее 70 %) определяется макроциркуляци-

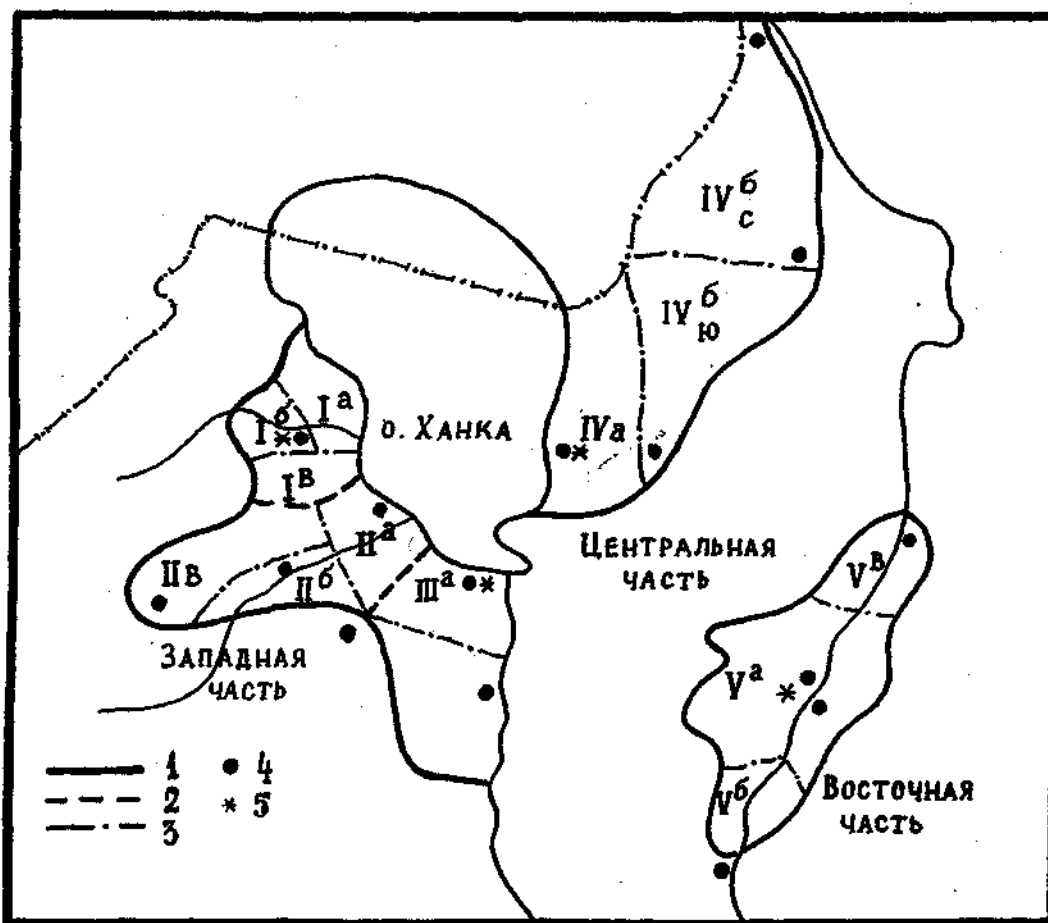


Рис. 5.6. Карта-схема районирования зоны рассеяния в Приморском крае по мезо- и микроклиматообразующим факторам.

1 - граница зоны рассеяния; 2 - граница климатических районов (КМР); 3 - граница климатических микроподрайонов (КММР); 4 - гидрометеорологические станции и агрометеопосты; 5 - пункты микроклиматических наблюдений.

Таблица 5.3

Количественная оценка факторов, определяющих изменчивость сумм температур выше 10 °С (ΣT) на рисовом поле, в климатических условиях Приморского края (на примере климатического района IV)

| Факторы, вызывающие изменчивость ΣT , и их количественные характеристики, °С | Климатический микроподрайон (КММР) | |
|---|------------------------------------|-----------------|
| | IV ^B | IV ^B |
| Средние многолетние суммы температур по данным гидрометстанций (ΣT) | 2580 | 2710 |
| σ - среднее квадратическое отклонение | 144 | 185 |
| $\Sigma T \pm \sigma$ | 2720-2440 | 2890-2530 |
| I. Изменчивость сумм температур за счет циркуляционных факторов: | | |
| а) ΣT в высокоурожайные годы | 2790 | 2900 |
| σ | 96 | 147 |
| $\Sigma T \pm \sigma$ | 2880-2690 | 3050-2750 |
| б) ΣT в низкоурожайные годы | 2450 | 2560 |
| σ | 124 | 76 |
| $\Sigma T \pm \sigma$ | 2580-2330 | 2630-2490 |
| II. Изменчивость сумм температур за счет микроклиматических факторов: в сравнении с удаленным от озера КММР IV ⁰ | | |
| а) влияние оз. Ханка | -130 | 0 |
| б) влияние почвенных различий | в сравнении с неорошаемым участком | |
| тип почвы | тип погоды | |
| 1 торф | I | -60 |
| " " | IV | -(80-100) |
| 2 оглеенный торф | I | 20-40 |
| " " | IV | -40 |
| 3 лугово-бурные | I | 120 |
| " " | IV | 20 |

Примечание: I тип погоды - ясно, маловетрено; IV - облачно, ветрено.

онными факторами.

Таким образом, развитие атмосферных процессов и тепловое состояние морской подстилающей поверхности существенно различаются в годы с высокой и низкой урожайностью риса. В результате сложного взаимодействия системы атмосфера - гидросфера - подстилающая поверхность по зоне рисосеяния Приморского края складывается погодный режим, вызывающий колебания сумм температур выше 10°C [169] и определяющий в значительной мере межгодовую изменчивость урожайности риса.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Осуществлено научное обоснование взаимосвязи между циркуляционными факторами атмосферы, особенностями теплового состояния подстилающей поверхности и аномалиями урожайности риса и культур его севооборотов, используемых в специализированных рисоводческих хозяйствах. Установлено, что сложные процессы взаимодействия океана и атмосферы, а также тропосферы и стратосферы над Дальним Востоком приводят к формированию определенного погодного режима в Приморье и, в частности, по зоне рисосеяния. Связь между атмосферной циркуляцией и колебаниями урожайности сельскохозяйственных культур рассматривается в следующей последовательности: взаимодействие океана и атмосферы — тип погоды — микроклимат — урожайность.

2. Установлено, что в годы перед высокой урожайностью риса в Приморском крае в течение предшествующего зимнего периода (ноябрь—март) над Дальним Востоком преобладают меридиональные формы циркуляции, центр ЦПВ располагается, как правило, юго-восточнее своего обычного положения, высотная дальневосточная ложбина получает значительное развитие в меридиональном направлении. Высотная фронтальная зона и гидрологический фронт занимают более южное положение, ледовитость Охотского моря, как правило, выше нормы.

3. В вегетационный период в урожайные годы над большей частью Дальнего Востока и дальневосточными морями доминирует зональный перенос, происходит сокращение ЦПВ, что усиливает циклоническую деятельность над северными районами Дальнего Востока. Над Японским морем, Приморьем и Корейским полуостровом расположен отрог северотихоокеанского антициклона, положительные аномалии температуры поверхности воды Японского мо-

ря способствуют увеличению теплостдачи, повышению энтальпии атмосферы в районах, близких к очагу аномалии, образованию высотного гребня, продвижению ВФЗ к северу. В результате чего по зоне рассеяния Приморского края устанавливается антициклональный засушливый тип погоды с повышенной инсоляцией, что приводит к росту сумм температур. С повышением температуры воздуха увеличивается интенсивность дыхания растений риса и, как следствие, урожайность.

4. В годы перед низкой урожайностью риса ЦШВ, как правило, расположен северо-западнее своего обычного положения, над Дальним Востоком наблюдается интенсивный зональный перенос, высотная дальневосточная ложбина слабо выражена. ВФЗ занимает более северное положение, циклоны, перемещающиеся вдоль ВФЗ, чаще выходят на акваторию Охотского моря, на большей части территории Дальнего Востока формируются положительные аномалии температуры воздуха, ледовитость Охотского моря ниже нормы.

5. Выявлено, что в теплое полугодие в низкоурожайные годы, чаще осуществляются меридиональные формы циркуляции, особенно центральная и западная, при которых над средним течением р. Амур и южными районами Хабаровского края стационарирует высотный циклон (H_{500}). Отрицательные аномалии температуры воды Японского моря с апреля по сентябрь также способствуют формированию высотной ложбины над Приморьем. У поверхности Земли усиливается адвекция относительно холодных влажных воздушных масс, при увеличении облачности увеличивается число дней и часов с осадками, туманами, уменьшаются инсоляция и суммы активных температур. При таких погодных условиях развиваются перекуляриоз, пустозерность, снижается вес

зерновок и, как следствие, урожайность риса падает.

6. Таким образом установлено, что развитие атмосферных процессов и тепловое состояние морской подстилающей поверхности существенно различаются в годы с высокой и низкой урожайностью риса. В результате сложного взаимодействия системы атмосфера-гидросфера-подстилающая поверхность по зоне рисосеяния Приморского края складывается погодный режим, вызывающий колебания сумм температур выше 10°C и определяющий в значительной мере межгодовую изменчивость урожайности риса.

ГЛАВА 6. ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КВАЗИДВУХЛЕТНЕЙ ЦИКЛИЧНОСТИ УРОЖАЙНОСТИ РИСА НА ЮГЕ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА И СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЕЕ ПРОГНОЗА

Первоочередной задачей при использовании статистических методов в долгосрочных прогнозах урожайности сельскохозяйственных культур является выбор предсказателей, влияющих на ее формирование. Выбор предсказателей определяется физической моделью рассматриваемого процесса с учетом его специфических особенностей.

6.1. Эмпирическая модель квазидвухлетней цикличности аномалии погоды и урожайности риса на юге Дальнего Востока

Ранее было отмечено, что урожайность риса является своеобразным индикатором погодных условий, в частности колебаний температуры воздуха, а также показана связь урожайности риса с теплообеспеченностью периода вегетации и аномалиями погоды. Например, коэффициент аналогичности ρ временного хода отклонений урожайности риса от тренда и первого коэффициента разложения полей сумм температур выше 10°C по естественным ортогональным составляющим S_1 очень высок и равен 0,78. В свою очередь многими авторами [64, 86, 122, 141, 143, 199, 219, 227] доказано наличие квазидвухлетней цикличности аномалии погодных условий. Основываясь на результатах проведенного исследования этой проблемы, была разработана эмпирическая модель квазидвухлетней цикличности аномалий погоды и связанной с ней урожайностью риса (рис. 6.1) [163, 171].

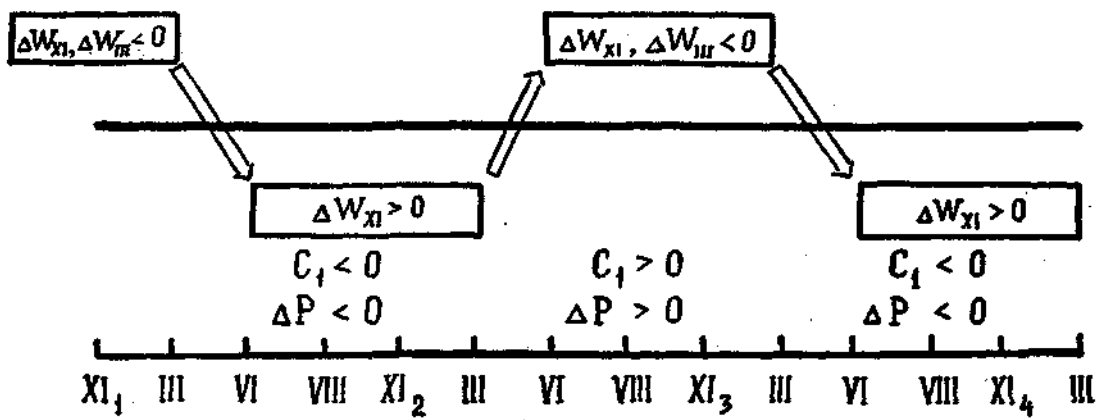


Рис. 6.1. Схема осуществления квазидвухлетней цикличности аномалий погоды C_I и отклонений от тренда урожайности риса по качественно-физической модели

Если принять за начало цикла ноябрь текущего года, когда ЦПВ расположен северо-западнее среднего многолетнего положения ($\Delta W_{XI} < 0$), то в последующее лето ЦПВ займет более южное положение, летний период будет, как правило (в 93 % случаев), холодным, а урожайность риса в крае — низкой. Климатическая система "пытается" вернуться к состоянию равновесия и компенсировать полученное ею в зимний период отклонение противоположным по знаку. В ноябре, следующем за холодным вегетационным периодом, ЦПВ сохраняет знак летней аномалии. Это означает, что в ноябре (XI_2) этого года $\Delta W_{XI} > 0$, а на H_{100} ЦПВ смещен к юго-востоку от своего среднего многолетнего положения. Последующее за этим ноябрем ($\Delta W_{XI} > 0$) лето будет характеризоваться положительной аномалией сумм температур ($C_I > 0$). Летом в такие годы ЦПВ над Дальним Востоком либо отсутствует, либо располагается над его северными районами. В следующем ноябре (XI_3) ЦПВ снова будет располагаться северо-восточнее своего обычного положения, т.е. цикл закончится.

Для иллюстрации модели рассмотрим фактическое положение ЦПВ за 1968–1971 гг. Эти годы выбраны как наиболее яркие представители квазидвухлетней цикличности. Как видно из приведенных данных (табл. 6.1 и 6.2), 1969 и 1971 гг. были холодными и неурожайными ($C_I, 1969 = -594$, $C_I, 1971 = -566$, $\Delta P_{1969} = -0,27$ т/га, $\Delta P_{1971} = -0,02$ т/га), а 1970 г. — теплым и урожайным ($C_I, 1970 = 716$, $\Delta P_{1970} = 0,25$ т/га). В ноябре 1968 г. центр ЦПВ (рис. 6.2) имел координаты: $\varphi = 76^\circ$ с.ш., $\lambda = 89^\circ$ в.д., $H = 1520$ дам, $W_{XI, 1968} = 60$, $\Delta W_{XI, 1968} = -81$. В марте 1969 г. ЦПВ сместился в сторону полюса, $W_{III, 1969} = 34$, $\Delta W_{III, 1969} = -76$. В зимний период 1968–69 г. отмечено отрицательное

Таблица 6.1

Основные параметры системы атмосферы - земля в зимний период
1969-1971 гг.

| Параметр системы | Годы | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | 1968-1969 | 1969-1970 | 1970-1971 |
| I. Комплексный показатель ЦПВ в ноябре (W_{XI}) | 60 | 244 | 120 |
| 2. Аномалия W_{XI} (ΔW_{XI}) | -81 | 103 | -21 |
| 3. W в марте (W_{III}) | 34 | 220 | 96 |
| 4. Аномалия W_{III} (ΔW_{III}) | -76 | 110 | -14 |
| 5. Число дней с западной формой циркуляции в ноябре (Z_{XI}) | 0 | 15 | 6 |
| 6. Отклонение от нормы Z_{XI} (ΔZ_{XI}) | -6 | 9 | 0 |
| 7. Число дней с широтной формой циркуляции ($Ш_{XI}$) | 22 | 0 | 8 |
| 8. Отклонение от нормы $Ш_{XI}$ ($\Delta Ш_{XI}$) | 7 | -15 | -7 |
| 9. Сумма меридиональных форм циркуляции за XI-III (ΣM) | 80 | 123 | 118 |
| Отклонение от нормы ($\Delta \Sigma M$) | -21 | 22 | 17 |
| 10. Ледовитость Охотского моря в декабре (S_{XII}) | 28 | 33 | 37 |
| в марте (S_{III}) | 88 | 84 | 74 |
| 11. Отклонение урожайности риса от тренда (ΔP , т/га) | -0,27 | 0,23 | -0,02 |
| 12. Средняя аномалия сумм температур по краю, ΣT °C | -274 | 279 | -211 |
| 13. Первый коэффициент разложения полей сумм температур (C_I) | -594 | 786 | -560 |

Таблица 6.2

Основные параметры системы атмосфера - земля в тёплый период 1969-1971 гг.

| № | Параметр системы | Годы | | |
|----|---|------|------|------|
| | | 1969 | 1970 | 1971 |
| 1. | Средняя аномалия температуры воздуха в июне по краю ($\Delta T_{yI}^{\circ C}$) | -1,5 | 0,9 | -0,7 |
| 2. | Число дней с западной формой циркуляции в августе (Z_{yIII}) | 10 | 0 | 14 |
| 3. | Число дней с широтной формой циркуляции в августе ($Ш_{yIII}$) | 0 | 26 | 5 |
| 4. | Сумма меридиональных форм циркуляции за УI и УIII ($\sum M_{yI} + yIII$) | 49 | 31 | 52 |
| 5. | Аномалии температуры воды Японского моря ($\Delta t_w^{\circ C}$) | | | |
| | апрель | -1,1 | 0,1 | -0,1 |
| | май | -0,8 | 0,4 | -0,7 |
| | июнь | -1,7 | 0,4 | -0,8 |
| | июль | -0,8 | 0,2 | -0,7 |
| | август | -0,7 | 0,0 | -1,2 |
| 6. | Типы погоды по М.Г. Фомину | | | |
| | июнь { засушливый (дней) | -6 | 3 | -6 |
| | { влажный | 6 | -5 | 3 |

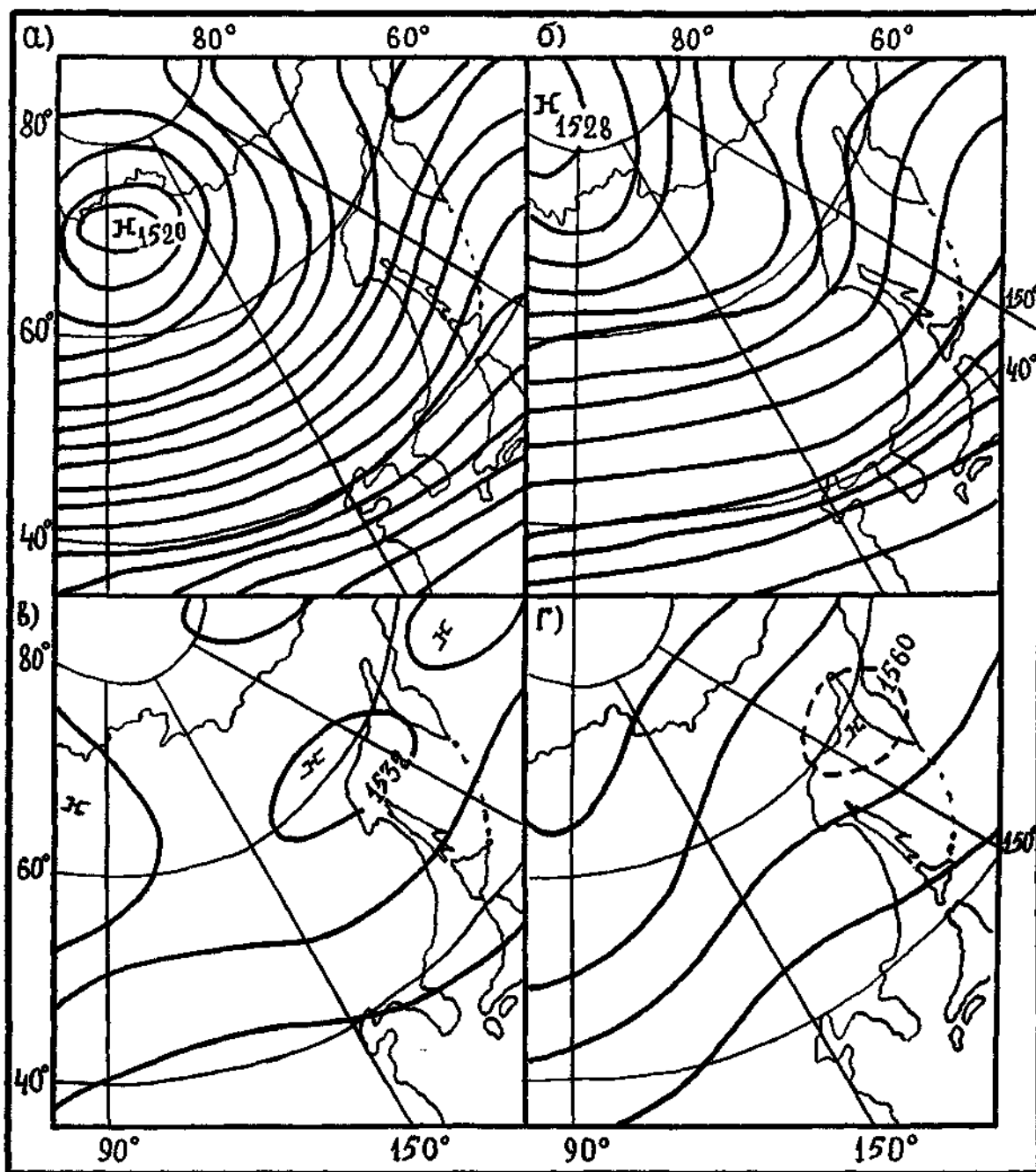


Рис. 6.2. Геопотенциал изобарической поверхности 100гПа в
 ноябре 1968 г. (а) и в марте (б), июне (в), августе (г)
 1969 г.

отклонение сумм меридиональных форм циркуляции от нормы ($\Delta \Sigma M_{XI-III} = -21$) и отрицательное отклонение от нормы числа дней с западной формой циркуляции в ноябре ($\Delta Z_{XI} = -6$), в то время как число дней с широтной формой циркуляции было больше нормы ($\Delta \Pi_{XI} = 7$). В июне 1969 г. циклоническое образование на H_{100} в секторе 90° в.д. - 180° располагалось над северо-западным побережьем Охотского моря. Для августа этого года было характерно наличие слабо выраженного циклона над северной частью Охотского моря.

Число дней с меридиональными формами циркуляции за июнь и август в 1969 г. превышало норму, а с широтной циркуляцией в августе этого года отмечался только один день.

В ноябре 1969 г. (рис. 6.3) ЦПВ сохранил более южное положение ($\varphi = 66^\circ$ с.ш.; $\lambda = 128^\circ$ в.д.; $H = 1548$ дам), которое наблюдалось и предшествующим летом, а это в свою очередь способствовало развитию дальневосточной высотной ложбины. Комплексный показатель циркумполярного вихря в ноябре 1969 г. равнялся 244 ($\Delta W_{XI} = 103$), а в марте 1970 г. W_{III} и ΔW_{III} соответственно составили 220 и 110.

Летом в июне 1970 г. над дальневосточным побережьем располагался высотный гребень. В течение 26 дней в августе осуществлялась широтная форма циркуляции, у поверхности земли преобладал западный тип процессов.

Аномалии температуры воды Японского моря в отличие от 1969 г. - положительные. Число дней с засушливым типом погоды в среднем по всем ГМС Приморья больше нормы, а число дней с влажным типом погоды, напротив, меньше нормы (табл. 6.2).

В ноябре последующего 1970 г. (рис. 6.4) ЦПВ как и

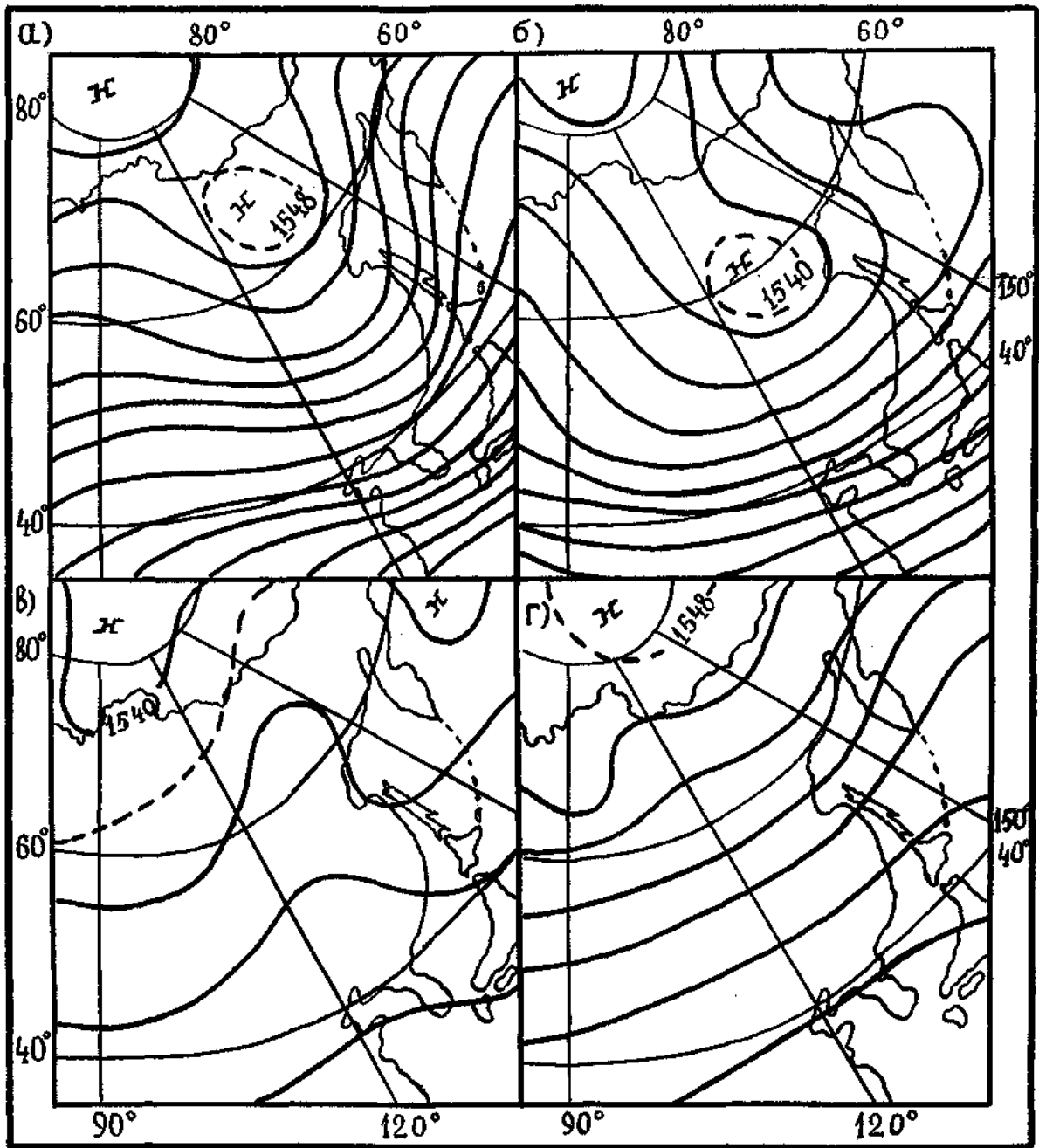


Рис. 6.3. Геопотенциал изобарической поверхности 100гПа в
 ноябре 1969 г. (а) и в марте (б), июне (в), августе (г)
 1970 г.

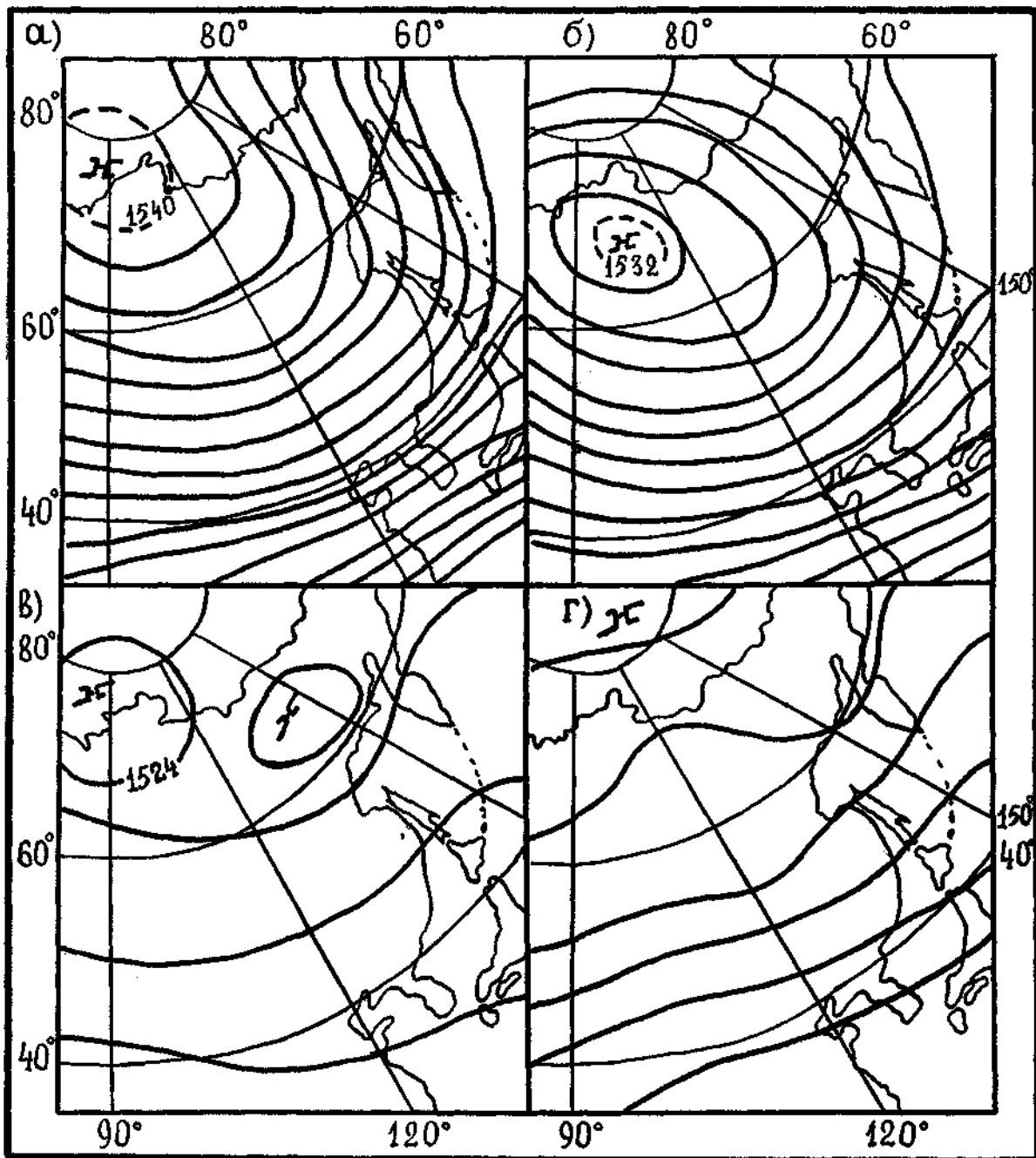


Рис. 6.4. Геопотенциал изобарической поверхности 100гПа в ноябре 1970 г. (а) и в марте (б), июне (в), августе (г) 1971 г.

предполагалось по модели, сохранил северное положение. Характер аномалий погоды и атмосферной циркуляции этого года противоположен предыдущему 1970 г. и аналогичен 1969 г. Таким образом, предложенная модель подтверждается фактическими гидрометеорологическими материалами.

Статистическая оценка модели за исследуемый период осуществлялась на основе анализа связи между ΔW_{XI} , ΔW_{III} и C_I . Для выявления направленности процессов первоначально рассматривались только знаки аномалий, указанных величин (рис. 6.5).

Как видно, квазидвухлетняя цикличность в ходе C_I неоднократно нарушалась, т.е. возникал сбой в чередовании знака аномалии. Иногда (4 случая) после года с $C_I < 0$ следовал также год с отрицательным C_I , в двух случаях сбой сохранялся в течение трех лет. Например, в 1966–1968 гг. наблюдались положительные аномалии сумм температур выше 10°C ($C_I > 0$), а в 1979–1981 гг. – отрицательные аномалии сумм температур ($C_I < 0$). Существование сбоя в квазидвухлетней цикличности, по-видимому, связано с фактором "раскачки" ЦПВ возле положения равновесия. В зависимости от мощности образования (ЦПВ) во взаимодействие вовлекаются различные по объему массы воздуха, при достижении критического значения которых, приобретенная инерция уже не может погасить периодической вынуждающей силы и соответственно происходит сбой климатической системы. Знак аномалии C_I и ΔW_{XI} предшествующего года (рис. 6.5) совпал в 24 из 26 случаев. Противоположные знаки аномалии наблюдались в 1983 и 1985 гг., т.е. с вероятностью $P = 92\%$ представляется возможным по знаку ΔW_{XI} прогнозировать характер аномалии сумм темпера-

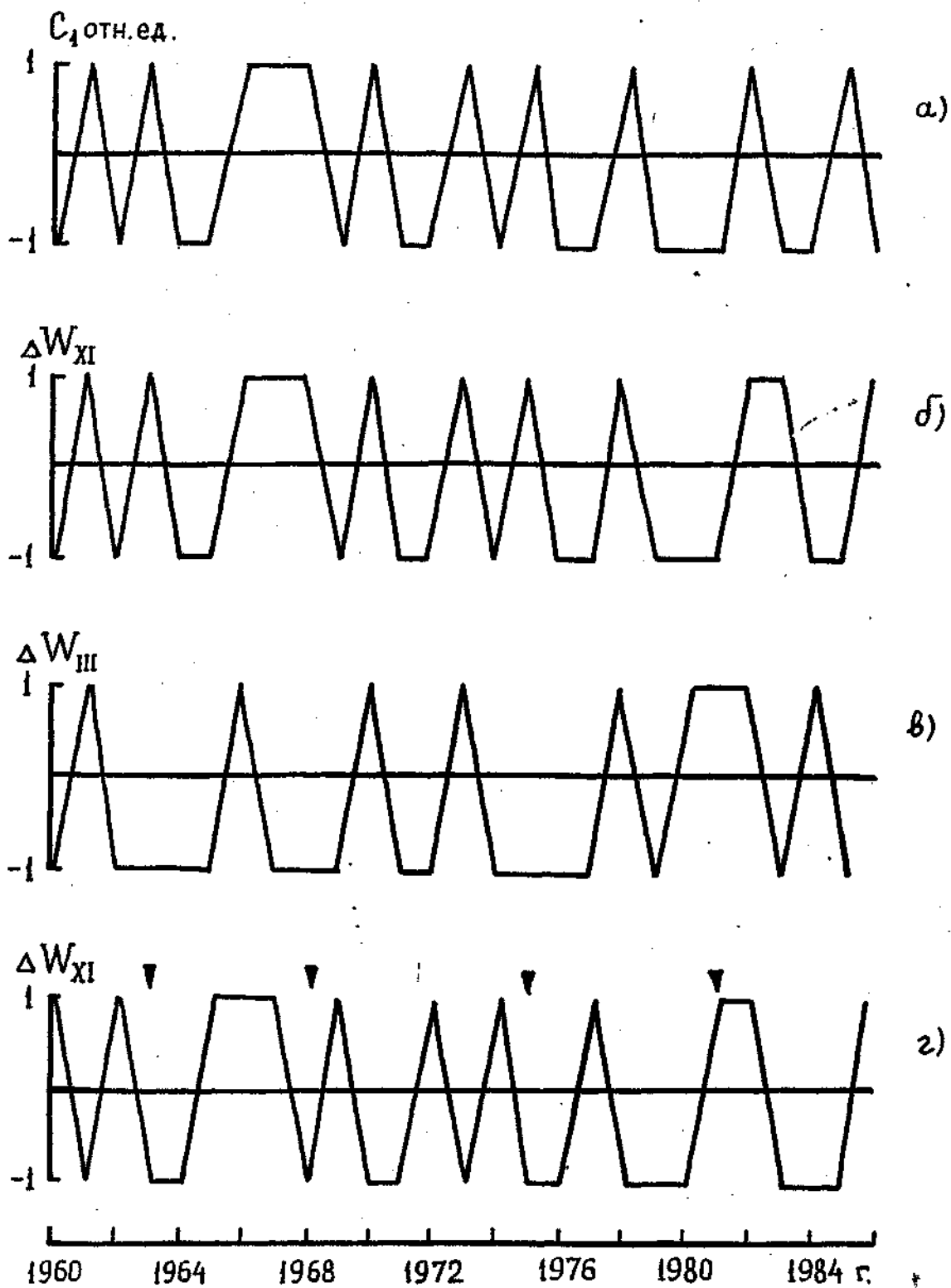


Рис. 6.5. Временной ход первого коэффициента разложения (C_I) полей сумм температур (а), аномалий комплексного показателя циркумполярного вихря (ΔW_{XI}) в ноябре предшествующего (б), в марте (в) и в ноябре (г) текущего года.

▼ - сбои двухлетней ритмичности зональной составляющей ветра в экваториальной стратосфере по Е.Б. Гледзеру.

тур. Аналогичная зависимость наблюдается между знаками ΔW марта и C_I . Это свидетельствует, с одной стороны, о том, что характер именно крупномасштабной циркуляции в течение зимнего периода определяет термический фон лета и, с другой — об определенной устойчивости климатических процессов на юге Дальнего Востока.

Этим мы подтвердили первую часть модели-связь "зима-лето". Во второй части по модели, после лета с $C_I > 0$ в ноябре ΔW должно быть < 0 . Однако, эта последовательность сохранялась только в 16 случаях ($\rho = -0,26$; $P = 62\%$). Такие величины ρ и P на первый взгляд слабо подтверждают предложенную модель, но при более детальном рассмотрении оказалось, что здесь заложена информация о будущем сбое в квазидвухлетней цикличности. Например, в 1964 г. ($C_I < 0$) по модели ΔW_{XI} должно быть > 0 , в действительности же $\Delta W_{XI} < 0$, а в последующем 1965 г. (рис. 6.5) происходит сбой двухлетней цикличности. В 1965 г. C_I также, как и в 1964 г., с отрицательным знаком.

Систематизация выявленных особенностей позволила в рамках изложенной модели сформулировать ряд прогностических закономерностей (табл. 6.3).

Оправдываемость прогноза цикличности и сбоя по модели на зависимой выборке (1960–1985 гг.) составила 92%, что является весьма высокой величиной для долгосрочных сезонных прогнозов с такой заблаговременностью. Оправдываемость прогностических правил по модели при прогнозировании знака отклонения урожайности риса от тренда несколько ниже и составила 80%, $\rho = 0,60$. По-видимому, здесь сказывается влияние агротехники, а также болезней и вредителей растений риса.

Следует отметить, что прогноз сбоя цикличности оправдался во всех восьми случаях.

Таблица 6.3

Некоторые прогностические закономерности, проявляющиеся при долгосрочном прогнозировании знака аномалии урожайности риса и сумм температур выше 10°C (C_I)

| № | Осуществившаяся аномалия погоды | Знак ΔW_{XI} текущего года | Прогноз по модели |
|----|---------------------------------|------------------------------------|--|
| I | Если $C_I < 0$; | 1. $\Delta W_{XI} > 0$ | Сохранится цикличность, следующее лето с $C_I > 0$; $\Delta P > 0$. |
| | $\Delta P < 0$ | 2. $\Delta W_{XI} < 0$ | Осуществиться сбой цикличности и следующее лето с $C_I < 0$; $\Delta P < 0$ |
| II | Если $C_I > 0$; | 1. $\Delta W_{XI} < 0$ | Цикличность сохранится, следующее лето с $C_I < 0$; $\Delta P < 0$. |
| | $\Delta P > 0$ | 2. $\Delta W_{XI} > 0$ | Осуществиться сбой цикличности следующее лето с $C_I > 0$; $\Delta P > 0$. |

Используя полученные прогностические закономерности, была предпринята попытка долгосрочного прогноза знака аномалии сумм температур выше 10°C по зоне рисосеяния Приморского края в летние периоды 1986, 1987 гг. Поскольку осенью 1985 г. $C_I > 0$, а $\Delta W_{XI} < 0$, то предполагалось сохранение цикличности, следовательно, в летний период 1986 г. прогнозировались урожай ниже тренда ($\Delta P < 0$) и отрицательные аномалии сумм температур ($C_I < 0$). Соответственно, лето 1987 г. в связи с дальнейшим сохранением цикличности (осенью 1986 г. $C_I < 0$, $\Delta W_{XI} > 0$) ожидалось "теплое", а ΔP выше тренда. Фактически

в 1986 г. $C_T < 0$, урожай риса составил 2,55 т/га, что ниже тренда на 0,2 т/га. В 1987 г. $C_T > 0$, урожай риса - 2,75 т/га, что выше трендовой составляющей на 0,20 т/га.

Согласно исследованиям ряда авторов [15, 21, 121, 197 и др.] в схемах долгосрочного прогноза погоды физически обосновано использование трехуровневых моделей, которые бы учитывали состояние системы: подстилающая поверхность - тропосфера - стратосфера. По-видимому, указанная система может быть представлена не только несколькими характеристиками наиболее адекватно отображающими ту или иную составную ее часть, но и различными комплексными показателями системы (КПС) атмосфера - подстилающая поверхность.

Используя простейшие приемы теории распознавания образов, был разработан КПС (табл. 6.4), который учитывал не только три уровня системы, но и характеризовал ее в течение большей части холодного периода года (ноябрь-март). Учитывались параметры: ΔW_{XI} , ΔW_{III} , $\Delta \Sigma M_{XI-III}$, ΔS_{III} , для которых были введены весовые коэффициенты в зависимости от степени их влияния на знак C_T . Как видно, КПС изменяется от -6,6 усл. ед. (1962, 1964, 1976 гг.) до 7,6 (1961, 1970, 1978 гг.).

Для того, чтобы исследовать количественные зависимости между элементами системы в рамках предложенной качественно-физической модели был использован традиционный корреляционный анализ (табл. 6.5). Коэффициенты корреляции между КПС и отдельными характеристиками системы в летний период и отклонениями урожайности риса (ΔP_P), сои (ΔP_C), гречихи (ΔP_T) от тренда в подавляющем большинстве выше τ между ΔW_{XI} и указанными величинами. Подтверждены предполагаемые по модели, обратные зависимости ($\tau < 0$) между ΔW_{XI} , КПС, $\Delta \Sigma Z$

Таблица 6.4

Комплексный показатель системы (КПС) атмосфера - земля за зимний период 1960-1985 гг.

| № | Название параметра | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
|-----|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1. | ΔW XI | -3 | 3 | -3 | 3 | -3 | -3 | 3 | 3 | 3 | -3 | 3 | -3 | -3 |
| 2. | ΔW III | -2,6 | 2,6 | -2,6 | -2,6 | -2,6 | -2,6 | 2,6 | -2,6 | 2,6 | -2,6 | 2,6 | -2,6 | -2,6 |
| 3. | $\Delta \Sigma \mu$ XI-III | I | I | -I | I | -I | I | -I | I | I | -I | I | I | I |
| 4. | ΔS III | I | I | 0 | -I | 0 | -I | I | I | -I | I | I | -I | -I |
| КПС | | -3,6 | 7,6 | -6,6 | 0,4 | -6,6 | -5,6 | 5,6 | 2,4 | 5,6 | -5,6 | 7,6 | -5,6 | -5,6 |

| № | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1. | 3 | -3 | 3 | -3 | -3 | 3 | -3 | -3 | -3 | 3 | 3 | -3 | 3 |
| 2. | 2,6 | -2,6 | -2,6 | -2,6 | -2,6 | 2,6 | -2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | -2,6 | 2,6 | -2,6 |
| 3. | -I | I | -I | 0 | -I | I | -I | -I | -I | -I | -I | -I | -I |
| 4. | I | -I | I | -I | I | I | I | -I | -I | I | I | -I | I |
| КПС | 5,6 | -5,6 | 0,4 | -6,6 | -5,6 | 7,6 | -5,6 | -2,4 | -2,4 | 5,6 | 0,6 | -0,4 | 0,4 |

Таблица 6.5

Корреляционная матрица, характеризующая связь между элементами системы атмосфера-подстилающая поверхность по модели квазидвухлетней цикличности аномалий урожайности риса и погоды в Приморском крае

| № | Название элементов системы атмосфера - подстилающая поверхность | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------|------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | ΔW_{XI} | КПС | S_{XII} | $\Delta \Sigma 3$ | $\Delta \Sigma M_{VI-VIII}$ | Π | ΔN | $\Delta N'$ | ΔN_A | Δt_{w1} | Δt_{w2} | Δt_{w3} | Δt_{w4} | ΔP_p | ΔP_c | ΔP_r |
| | I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| I | I | 0,82 | 0,26 | 0,44 | -0,25 | 0,44 | 0,42 | -0,35 | 0,44 | 0,64 | 0,61 | 0,59 | 0,59 | 0,57 | -0,52 | -0,24 |
| 2 | | I | 0,29 | 0,41 | -0,33 | 0,62 | 0,43 | -0,41 | 0,37 | 0,75 | 0,72 | 0,66 | 0,69 | 0,61 | -0,54 | -0,35 |
| 3 | | | I | 0,27 | 0,04 | 0,28 | 0,22 | -0,01 | 0,15 | 0,04 | 0,24 | 0,10 | 0,22 | 0,24 | -0,36 | -0,19 |
| 4 | | | | I | -0,35 | 0,34 | 0,26 | -0,43 | 0,28 | 0,37 | 0,37 | 0,24 | 0,36 | 0,11 | -0,30 | 0,00 |
| 5 | | | | | I | -0,57 | -0,58 | 0,58 | -0,53 | -0,57 | -0,63 | -0,51 | -0,54 | -0,46 | 0,53 | 0,46 |
| 6 | | | | | | I | 0,85 | -0,69 | 0,51 | 0,54 | 0,55 | 0,58 | 0,62 | 0,64 | -0,43 | -0,75 |
| 7 | | | | | | | I | -0,72 | 0,66 | 0,53 | 0,43 | 0,55 | 0,59 | 0,72 | -0,37 | -0,65 |
| 8 | | | | | | | | I | -0,53 | -0,52 | -0,46 | -0,45 | -0,51 | -0,41 | 0,30 | 0,47 |
| 9 | | | | | | | | | I | 0,63 | 0,59 | 0,69 | 0,70 | 0,55 | -0,45 | -0,38 |
| 10 | | | | | | | | | | I | 0,84 | 0,90 | 0,90 | 0,59 | -0,49 | -0,26 |
| 11 | | | | | | | | | | | I | 0,86 | 0,87 | 0,56 | -0,61 | -0,24 |
| 12 | | | | | | | | | | | | I | 0,95 | 0,65 | -0,55 | -0,33 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | I | 0,66 | -0,53 | -0,28 |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | I | -0,65 | -0,48 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | I | 0,44 |

(отклонение от нормы числа дней с западной формой циркуляции за ноябрь - март) и $\Delta \Sigma M$ за УІ-УІІІ ($r = -0,25 + -0,35$). В свою очередь отрицательные коэффициенты корреляции выявлены между $\Delta \Sigma M$ УІ-УІІІ и аномалиями числа дней с засушливым типом погоды (ΔN), аномалиями средней месячной температуры поверхности воды Японского моря за май-август (Δt_{wi} , $i = 1, 2, 3, 4$), отклонениями урожая риса и гречихи от тренда.

Выявленные корреляци^{онные} зависимости могут быть использованы в дальнейшем для прогноза отдельных элементов погоды и урожайности ————— как риса, так и сельскохозяйственных культур, составляющих севообороты рисового поля.

Изложенные результаты позволяют сделать вывод о том, что "дерижером" развития направленности физических процессов в незамкнутой системе атмосфера - океана - подстилающая поверхность в первой части модели - "зима-лето" является атмосфера, в частности, циркуляция на нижнем уровне стратосферы. Во второй части модели "лето-зима" подключаются другие физические факторы, пока не исследованные нами. Ими могут быть тепловое влияние океана, явление Эль-Ниньо, извержение вулканов, космические воздействия и другие причины, которые могут и оказывают влияние на характер связи положения ЦПВ летом и в ноябре последующего за ним. Попытка увязать собой квазидвухлетней цикличности аномалий погоды в Приморском крае со сбоем двухлетней ритмичности зональной составляющей ветра в экваториальной стратосфере по данным Б.И. Гледзера, приведенным в [141], не увенчалась успехом (рис. 6.5).

Механизм формирования климатических особенностей, по-видимому, следует рассматривать как некую разрывную автоко-

лебательную систему с непериодическим внешним воздействием [235]. Причем, в качестве регулятора системы выступает циркумполярный вихрь.

Предварительные результаты долгосрочного прогнозирования на основе предложенной качественно-физической модели показали перспективность намеченного подхода.

Последовательный учет ряда гидрологических факторов и дальнейшая формализация схемы позволяют надеяться на более адекватное отражение реальных процессов и создание на этой базе эффективной численной модели долгосрочного прогнозирования аномалий погоды и урожая риса в Приморском крае. Вместе с тем следует отметить, что изложенные выше результаты могут быть использованы в настоящее время для долгосрочного прогноза с заблаговременностью 9-10 месяцев знака аномалии сумм температур выше 10°C и аномалий урожая риса по краю, а также для прогноза сбоя в ритмичности квазидвухлетней цикличности.

6.2. Методы формализации синоптико-статистического прогноза урожайности риса

Первые два этапа разработки синоптико-статистического метода прогноза урожайности риса, а именно: выявление особенностей атмосферной циркуляции и теплового состояния подстилающей поверхности дальневосточных морей в годы с высокими и низкими урожаями риса и построение качественной картины формирования урожая риса с учетом определенной последовательности развития атмосферных процессов были рассмотрены в предыдущей главе. В данном разделе излагается формализация метода.

Условно схема прогноза разбивается на два блока: блок преобразования и блок прогноза (рис. 6.6). В свою очередь блок преобразования разбивается на две части - структурную и релятивную компрессии. Методами структурной компрессии выявляются закономерности структуры того или иного вектора путем более компактного описания, а методами релятивной компрессии изучается зависимость прогностического вектора от состояния вектора предиктора.

Понятия структурной и релятивной компрессии позволяют разделить множество существующих способов получения предикторов на схемы с n -кратной компрессией вектора тест-предиктора [69]. Для прогноза урожайности риса использовалась трехкратная компрессия.

Большой объем исходной информации уже на первом этапе заставляет значительно сократить количество возможных предсказателей и выделить наиболее существенные особенности в исследуемых процессах. С этой целью производится сравнительный анализ исходного массива данных по группам лет (высокоурожайные и низкоурожайные годы) и исключаются предикторы с незначительными различиями. Следовательно на первом этапе осуществляется "качественная компрессия".

При расчете и статистическом отборе наиболее важных связей устанавливаются критерии, позволяющие отделить реальные статистические связи от ложных.

Естественным критерием для выявления реальных статистических зависимостей в соответствии с методикой М.И. Юдина [269] является коэффициент корреляции, величина которого сравнивалась с некоторым его критическим значением. Выбор наиболее информативных предикторов в этом случае осуществ-

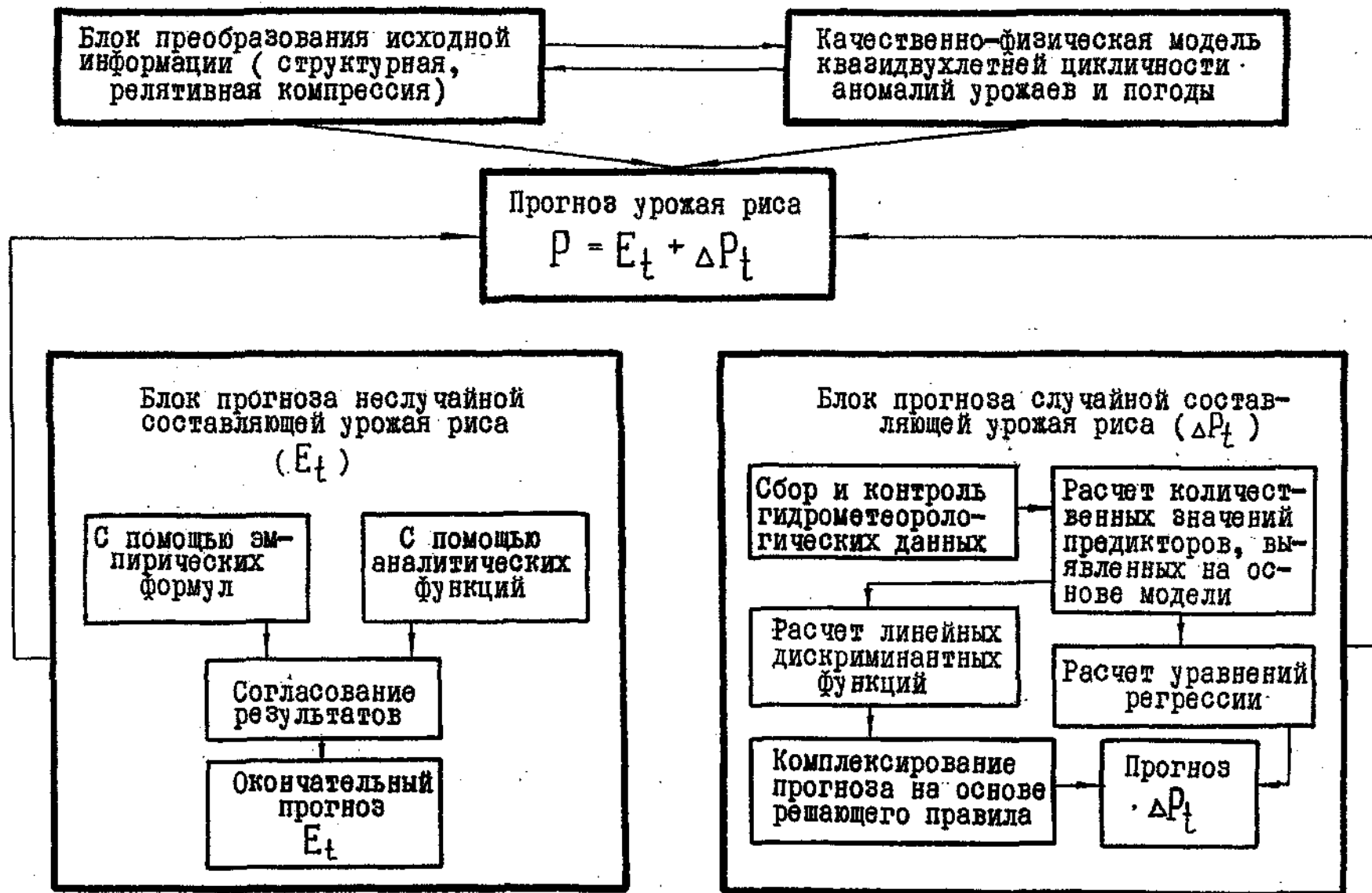


Рис. 6.6. Блок-схема синоптико-статистического прогноза урожайности риса.

ляется с помощью выделения тест предикторов, используя известное соотношение Фишера [88, 107] .

Кроме величины коэффициента корреляции, для оценки степени и характера связи между предиктором и предиктантом можно использовать и другие соотношения. Применительно к задачам, где все значения предикторов делаются на классы или группы в зависимости от характера предиктанта, в качестве такого показателя рассматривается величина Δ^2 - расстояние Махалонобиса.

Все значения предикторов делятся на два класса: А и \bar{A} . Параметры А предшествуют высокому урожаю, а класса \bar{A} - низкому. В одномерном случае величина Δ^2 вычисляется по формуле:

$$\Delta^2 = \frac{[\mu(x_1) - \mu(x_2)]^2}{\bar{\sigma}^2},$$

где $\bar{\sigma}^2$ - осредненное значение средних квадратических отклонений предикторов предшествующих высокому и низкому урожаю; $\mu(x_1)$ и $\mu(x_2)$ - математические ожидания предикторов в различных классах. Чем сильнее отличаются между собой предикторы в разных классах, тем больше расстояние Махалонобиса. Лучшими считаются те предикторы, у которых значения Δ^2 наибольшие.

Другим критерием, с помощью которого определяются наиболее информативные, на заданном уровне значимости, предикторы являются t - статистика Стьюдента (см. гл. 4), часто применяющаяся в испытаниях для малой выборки. Предполагается, что указанные критерии определяются для нормальных генеральных совокупностей [88] .

Выполненные исследования [239] показали, что при оценке тест-предикторов на первое место следует ставить физи-

ческие соображения и лишь на второе — косвенные статистические заключения. В силу этого статистическое подтверждение гипотезы о значимости тест-предиктора, особенно в долгосрочных прогнозах, даже с 20 % риском, представляет собой важный аргумент в ее пользу.

Поскольку выявленные предикторы нередко бывают взаимосвязаны между собой, то необходимо учесть такие зависимости. Это можно осуществить с помощью матрицы, рассчитанной для тест-предикторов. В расчетную схему необходимо вводить лишь те из них, между которыми коэффициенты корреляции наименьшие. Это позволяет исключить ненужное дублирование информации и сконцентрировать наиболее ценные прогностические сведения.

Полученные в результате преобразования предикторы (табл. 6.6) использовались в дальнейшем для построения прогностических уравнений, представленных с помощью методов линейной регрессии и линейного дискриминантного анализа.

Однако следует отметить, что на успешность прогностической схемы будет влиять нестабильность выявленных прогностических связей во времени. Как правило, эта проблема решается с помощью применения адаптивных или обучающих алгоритмов, получивших широкое распространение в прогностической практике. Этот эффект достигается путем постоянного пересчета операторов на каждом этапе прогноза. Это значительно усложняет схему расчета и является существенным недостатком применения обучающих алгоритмов. На наш взгляд, наиболее перспективным является предложенный нами подход, который заключается в предварительном детальном анализе климатических характеристик и особенностей временного распределения про-

Таблица 6.6

Информативные предикторы на заданных уровнях значимости

| № | Наименование предиктора | Информативный месяц или период |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| <u>На пятипроцентном уровне</u> | | |
| 1. | Комплексный показатель циркумполярного вихря (W) | Ноябрь, март |
| 2. | Число дней с меридиональной формой циркуляции за холодное время года (ноябрь-март) $-\sum M_{XI-III}$ | Ноябрь- март |
| 3. | Комплексный показатель системы (КПС) - "атмосфера - подстилающая поверхность" | Ноябрь- март |
| 4. | Число дней с влажным типом погоды (N') | Июнь |
| 5. | Аномалии температуры поверхности воды Японского моря (Δt_w) | Апрель- август |
| 6. | Количество осадков (R) | Июнь |
| 7. | Средняя декадная температура воздуха (D) | Третья декада мая, июнь |
| <u>На десятипроцентном уровне</u> | | |
| 8. | Число дней с западной формой циркуляции (Z) | Ноябрь, ноябрь-март |
| 9. | Число дней со смешанной (C) формой циркуляции | Ноябрь, декабрь |
| 10. | Число дней с восточной (B) формой циркуляции | Январь |
| 11. | Ледовитость Охотского моря (S) | Ноябрь, декабрь, март |
| 12. | Число дней с меридиональной формой циркуляции за июнь и август ($\sum M_{VI-VIII}$) | Июнь, август |

гнозируемого элемента, определении естественных климатических колебаний (см. гл. 4), их периодичности. Подробно методика и практические примеры использования данного подхода излагаются в гл. 7.

6.3. Схемы синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева

Ранее было указано, что динамический ряд урожаев рассматривается как нестационарный процесс

$$P_t = E_t + \Delta P_t, \quad (6.1)$$

где P_t - урожайность, E_t - трендовая или неслучайная составляющая, ΔP_t - случайная составляющая урожая, обусловленная преимущественно погодными условиями конкретного (t) года.

При составлении прогноза на независимом материале возникает вопрос об экстраполяции тренда на перспективу. Несмотря на то, что тренд, выраженный с помощью скользящего среднего по пятилетиям наилучшим образом описывает трендовую составляющую урожая риса, определить скользящее среднее в момент времени t не представляется возможным, поскольку для расчета E_t необходимы сведения об урожаях в момент t_{+1} и t_{+2} .

Прогноз трендовой составляющей согласно схеме прогноза (рис. 6.6) можно составить двумя способами. В первом случае тренд аппроксимируется аналитической функцией - полиномом третьей степени (рис. 3.1).

$$E_t = at^3 + bt^2 + ct + d, \quad (6.2)$$

где t - номер года, начиная с 1950; a, b, c, d - коэффициенты функции, определяемые с помощью метода наименьших квадратов.

Во втором случае можно рассчитать тренд (E'_t) с помощью эмпирической формулы

$$E'_t = 0,2 [0,2 P_{t-5} + 0,45 P_{t-4} + 0,78 P_{t-3} + 1,28 P_{t-2} + 2,29 P_{t-1}], \quad (6.3)$$

где P_{t-i} — фактическое значение урожайности риса в предшествующие годы ($i = 1, 2, 3, 4, 5$). При расчете весовых коэффициентов в (6.3) акцентировалось внимание на урожайности последних лет, что позволило, в определенной мере, учесть изменения в уровне агротехники.

На следующем этапе прогноза определялось ΔP_t (рис. 6.6). После выявления степени информативности предсказателей (табл. 6.1) были составлены различные совокупности предикторов и оценена их прогностическая значимость в отношении знака и величины отклонения урожая от трендовой составляющей.

Сравнительная оценка качества определенной совокупности прогностических указаний может быть получена разными способами. В данном случае мы судили о прогностической значимости группы предикторов непосредственно по успешности составленного по ней прогноза. Для оценки прогноза знака ΔP_t составленного при помощи линейной дискриминантной функции (альтернативные прогнозы) использовались показатель качества прогнозов по $P\%$ и ρ .

Основы метода линейного параметрического дискриминантного анализа достаточно полно описаны многими авторами [88, 166, 210, 316].

Рассчитывается линейная дискриминантная функция (л.д.ф.)

$$L = \sum_{i=1}^n b_i x_i + c_0, \quad (6.4)$$

где x_i - конкретный предиктор; b_i - коэффициент дискриминантной функции при x_i ; C_0 - свободный член, который определяется из условия, что $L = 0$; n - число предикторов ($n = 2, 3$).

При положительной дискриминантной функции $L(x) > 0$ вектор предиктор $x \{x_1, x_2, x_3\}$ относится к первому классу (группе), когда $\Delta P > 0$. При $L(x) < 0$ вектор предиктора относится ко второму классу, когда $\Delta P < 0$, т.е. дискриминантная функция разделяет двух- или трехмерное пространство на две области $L_x(A)$ и $L_x(\bar{A})$, в одной из которых наиболее вероятно положительное отклонение урожайности риса от тренда, а в другой - отрицательное.

Для целей сельскохозяйственного производства большое значение имеет не только прогноз аномалии урожая, но и его величины. Количественный прогноз урожая риса или какой-либо характеристики погоды возможно получить не только с помощью регрессионного анализа или его модификации [79, 80], но также и при помощи линейного дискриминантного анализа (л.д.а) [158, 166].

При помощи линейных дискриминантных функций (л.д.ф.) возможно разделить двух- или трехмерное пространство на q областей, ниже или выше некоторого заданного предела $\alpha_q = \text{const}$, рассчитав последовательно $q-1$ л.д.ф. Число линейных дискриминантных функций и пределы α_q определяются степенью точности, предъявляемой к прогнозу потребителями данной гидрометеорологической информации. Используя несколько л.д.ф. возможно составить двух-, трех- и q -фазовые прогнозы.

Потенциальная эффективность трехфазового прогноза составляет 81%, а пятифазового 92% потенциальной эффективно-

сти исходного количественного прогноза [75]. Если учесть, что в долгосрочном прогнозировании урожайности в качестве допустимой ошибки прогноза принята величина $\pm 0,637$ либо ± 6 (в зависимости от заблаговременности), то использование даже трехфазового прогноза обеспечивает требуемую точность. При необходимости количественный прогноз может быть составлен на основе фазового прогноза двумя способами.

Например, в случае четырехфазового прогноза (рис. 6.5) попадание ΔP в область $a_{3q} - 36$ (для нормального закона распределения соответствует фазе "Высокая урожайность", формулировка прогноза Π_1 (6.5); попадание ΔP в зону $a_{2q} - a_{3q}$ - фазовому прогнозу "Урожайность выше тренда" (Π_2); при в области $a_{1q} - a_{2q}$ - фазовый прогноз "Урожайность ниже тренда" (Π_3) и в случае попадания ΔP в область от -36 до a_{1q} - "Низкая урожайность" (Π_4).

$$\begin{aligned}
 a_{3q} \leq \Delta P < 36 &\rightarrow \Pi_1 \rightarrow \text{"Высокая урожайность"}; \\
 0_{2q} \leq \Delta P < a_{3q} &\rightarrow \Pi_2 \rightarrow \text{"Урожайность выше тренда"}; \\
 a_{1q} \leq \Delta P < a_{2q} &\rightarrow \Pi_3 \rightarrow \text{"Урожайность ниже тренда"}; \\
 -36 < \Delta P < a_{1q} &\rightarrow \Pi_4 \rightarrow \text{"Низкая урожайность"}.
 \end{aligned} \tag{6.5}$$

Количественный прогноз в данном случае равен математическому ожиданию соответствующей прогнозу фазе.

Выбор величины градаций представляет собой важный этап в прогнозировании. Так, для трехфазового прогноза рекомендуется использовать [75] центральную градацию (l_0) шириной $0,616$, для пятифазового прогноза - $l_0 = 0,386$, смежных с центральной градацией (l_1) $-1,246$. При использовании четырехфазового прогноза, две прилегающие к центру градации имеют ширину от 0 до $\pm 0,676$. С другой стороны, величина

градаций, а следовательно и пределы a_q , могут выбираться в соответствии с требованиями [93], где рекомендуется давать потребителю прогноз урожайности в градациях, не превышающих 10 % величины средней урожайности. Кроме того, при выборе ширины градации, необходимо учитывать знак и величину основных характеристик рассеивания ряда. При умеренно симметричном распределении, когда коэффициент асимметрии (A) заключается в пределах $|0,50| > A > |0,25|$, следует использовать разные величины градаций для положительных и отрицательных отклонений урожая от тренда. Например, если $A = -0,45$, что говорит о преобладании больших по абсолютной величине отрицательных ΔP , по сравнению с положительными отклонениями, то необходимо ввести весовой коэффициент (K_ϵ) к ширине отрицательной градации. Причем, K_ϵ прямопропорционально зависит от A . Коэффициент эксцесса (ϵ) также может быть использован при определении ширины градации прогноза. При $\epsilon > 0$ кривая имеет островершинное распределение, т.е. центральная градация встречается с наибольшей частотой и для увеличения точности прогноза необходимо уменьшить ширину центральной градации. При $\epsilon < 0$, наоборот, имеем плосковершинное распределение, вероятность осуществления центральной и смежных с ней градаций практически одинакова, в то же время, вероятность появлений больших по абсолютной величине ΔP уменьшается. В этом случае целесообразно воспользоваться четырехфазовым прогнозом, где используются две прилегающие к центру распределения градации. Так, для четырехфазового прогноза урожайности риса выбраны пределы $a_1 = -0,25$ т/га; $a_2 = 0,0$; $a_3 = 0,25$ т/га, ширина градаций соответственно $0 - 0,25$ т/га. Для пятифазового прогноза $a_1 = -0,43$; $a_2 =$

$= -0,13; a_3 = 0,13; a_4 = 0,45 \text{ т/га.}$

Для урожайности риса, также как и для урожайности большинства сельскохозяйственных культур, характерно увеличение изменчивости со временем. Однако для предикторов гидрометеорологической группы, используемых в синоптико-статистических прогнозах, такой зависимости не обнаружено. Поэтому при использовании для целей прогноза линейного дискриминантного и регрессионного анализов целесообразно произвести приведение ΔP к последнему (по времени) пяти- или десятилетнему периоду, что позволит учесть уровень земледелия и долгопериодные колебания климата. Так, например, среднее $\overline{\Delta P}$ за 1950-1959 гг. составило 0,18 т/га, за 1960-1969, 1970-1979 и 1980-1987 гг. - соответственно 0,25; 0,29; 0,42 т/га. Коэффициенты линейных дискриминантных функций L необходимо рассчитывать для различных рядов ΔP . При прогнозировании трендовой составляющей с помощью формулы (6.3), л.д.ф. рассчитываются для рядов отклонений урожаев от данного тренда, т.е. используются фактические значения предикторов и прогностические, рассчитанные как

$$\Delta P'_t = P_{\text{факт}} - E'_t$$

отклонения урожая от тренда.

Второй способ, с помощью которого возможно прогнозирование ΔP , заключается в использовании традиционного регрессионного анализа.

6.4. Методы комплексирования прогноза урожайности на основе знаков линейных дискриминантных функций

Процедура одновременного использования нескольких прогнозов (схем или методов) получила название комплексирова-

ния. При комплексировании прогнозов одной заблаговременности этот прием носит название статического, с разной заблаговременностью - динамического комплексирования [75].

Для составления прогноза среднего по краю урожая риса по предложенной методике, первоначально рассчитывается неслучайная составляющая урожая по (6.2) или (6.3). Затем проводится подготовка предикторов, введение их в банк данных, расчет л.д.ф. L_i ($i = 1, 2, \dots, q$) и уравнений регрессии. В зависимости от сочетания знаков л.д.ф., осуществляется комплексирование прогнозов по отдельным л.д.ф. и составляется фазовый прогноз. Решающее правило статического комплексирования на этом определяется по схеме (рис. 6.7^{6.8}). В некоторых случаях могут наблюдаться взаимоисключающие результаты: $L_1 < 0$ и $L_3 < 0$ и т.д., в таких ситуациях в первую очередь необходимо учесть знак л.д.ф. разделяющий вектор ΔP на положительную и отрицательную области. Так, при L_1 и $L_2 < 0$, а $L_3, L_4 > 0$ составляется прогноз "Около тренда". Во-вторых, следует учитывать обеспеченность л.д.ф. Далее, на основе фазового прогноза по (6.5) осуществляется переход к количественному прогнозу урожая.

Прогноз среднего по краю урожая риса составляется в декабре предшествующего года или январе текущего с заблаговременностью 10-9 месяцев. Первое уточнение прогноза осуществляется с заблаговременностью 6 месяцев. Динамическое комплексирование в данном случае производится с помощью введения в расчетные схемы в качестве одного из предикторов комплексного показателя ЦПВ за ноябрь предшествующего года или аномалии сумм меридиональных форм циркуляции за ноябрь-

| | | | |
|----------------|------------------------|----------------|----|
| $L_1, L_2 < 0$ | $L_1 > 0$ $L_2 < 0$ | $L_1, L_2 > 0$ | a) |
|----------------|------------------------|----------------|----|

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----|
| $L_1, L_2,$ $L_3 < 0$ | $L_1 > 0$ $L_2, L_3 < 0$ | $L_1, L_2 > 0$ $L_3 < 0$ | $L_1, L_2,$ $L_3 > 0$ | b) |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|----|

| | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----|
| $L_1, L_2,$ $L_3, L_4 < 0$ | $L_1 > 0$ $L_2, L_4 < 0$ | $L_1, L_2 > 0$ $L_3, L_4 < 0$ | $L_{1-3} > 0$ $L_4 < 0$ | $L_1, L_2,$ $L_3, L_4 > 0$ | b) |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----|

Рис. 6.7. Схема комплексирования трех- (а), четырех- (б) и пятифазового (в) прогноза на основе сочетания знаков линейных дискриминантных функций L_i ($i = 1, 2, 3, 4$).

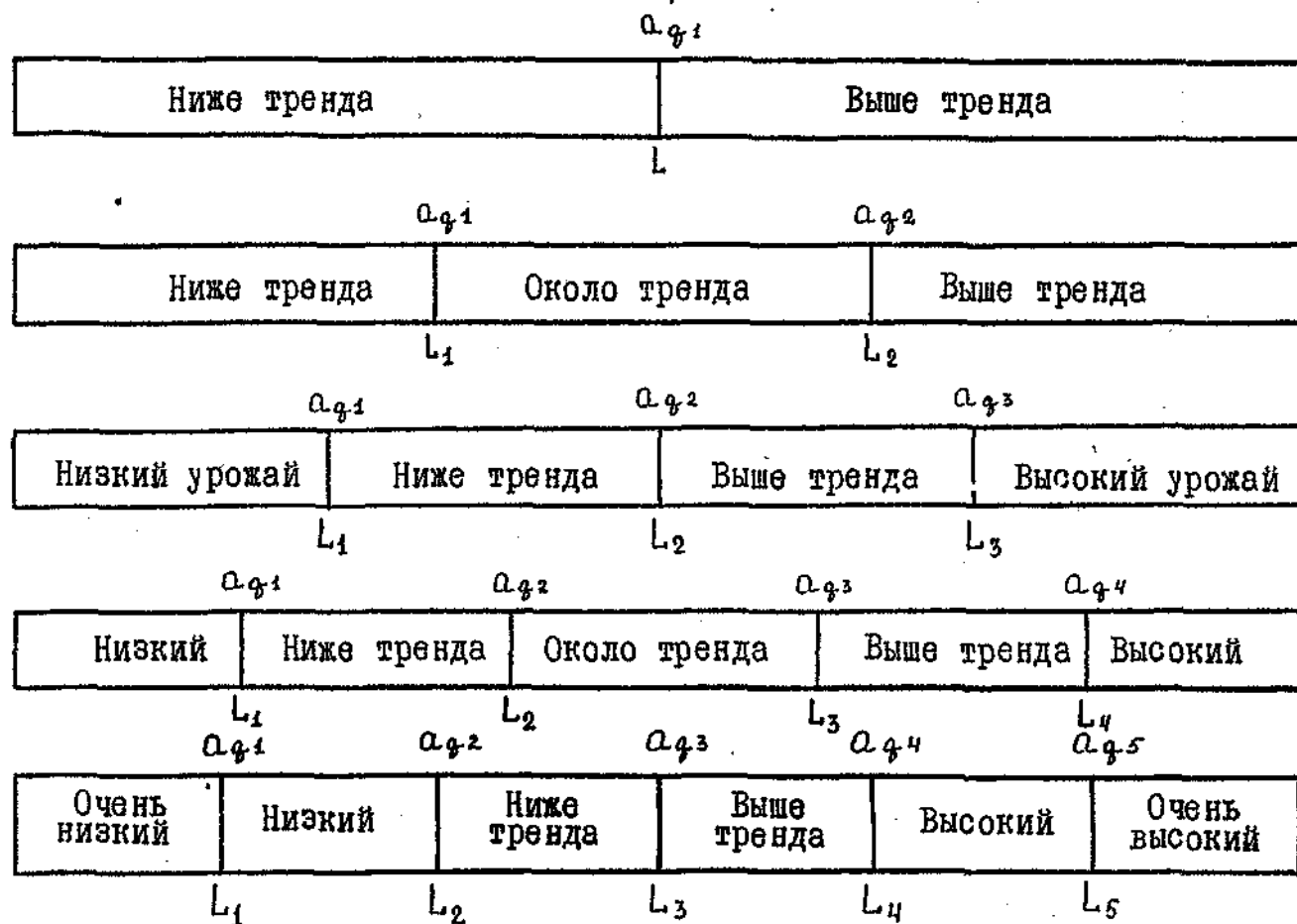


Рис. 6.8. Схема и терминология составления двух-, трех-, ...,

q -фазовых прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур или аномалий погоды с помощью q - I линейных дискриминантных функций L_i .

a_{qi} - предел, ниже или выше которого L_i разделяет двух- или трехмерное пространство на две области.

март. Такой прием позволяет, на наш взгляд, учитывать информацию о предшествующих атмосферных процессах наряду с информацией о текущих.

Комплексирование прогнозов урожайности риса и аномалий погоды [159, 161, 166, 171] на этапе отбора, оценки, компрессии предикторов, позволяет улучшить их качество, упростить реализацию и уменьшить объемы работ на уровне исследования. Под последним подразумевается значительная экономия машинного времени (на ЭВМ) и сокращение сроков определения оптимальных схем расчета, т.к. зачастую из предполагаемых предикторов (число которых нередко равно десяткам) рассчитывается огромное число уравнений, прогностическая значимость которых находится ниже уровня обеспеченности климатического инерционного либо случайного прогноза. Предлагаемый подход позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на исследование, получить результат, на заданном уровне значимости, что является по своей сути интенсификацией процесса научного исследования.

Не менее важным в прогнозировании является вопрос оценки прогноза. Оценка методического прогноза осуществляется в сравнении с другим методическим, климатическим, либо инерционным прогнозами. Оправдываемость климатического прогноза, а для урожаев сельскохозяйственных культур — это прогноз по тренду составила 84 % для E_{\pm} , рассчитанного по формуле (5.2) и 82 % по (6.3). Оправдываемость прогноза знака аномалии ΔP по разработанной нами модели квазидвухлетней цикличности составила 92 %.

Оценка количественного прогноза урожая сельскохозяйственных культур большой заблаговременности осуществляется

в сравнении с величиной ± 6 или $\pm 0,637 6$ [192]. Однако, если в качестве допустимой ошибки прогноза урожая принять ± 6 , рассчитанное по стандартной формуле [107], а прогнозировать отклонения урожая риса от тренда, аппроксимированного полиномом второй степени [III], то в этом случае оправдываемость прогноза урожайности будет искусственно завышена. За допустимую ошибку прогноза должна быть принята величина $6'$, рассчитанная в отклонениях от тренда.

С другой стороны, при оценке разработанного синоптико-статистического метода прогноза урожайности [158, 159] допустимая ошибка прогноза урожайности риса, даже в случае с заблаговременностью 10-6 месяцев (т.е. до посева культуры), принималась равной нулю. По-видимому, сравнительная оценка количественных прогнозов, разработанных разными авторами с любой заблаговременностью, целесообразно производить по [93]. Оправдываемость прогноза (p %) рассчитывается по формуле

$$p = 100\% - \left[\left| \frac{U_{np} - U_{ф}}{U_{ф}} \right| 100 \right], \quad (6.6)$$

где U_{np} - прогнозируемая урожайность; $U_{ф}$ - фактическая урожайность; $U_{np} - U_{ф}$ - абсолютная ошибка прогноза; $\left| \frac{U_{np} - U_{ф}}{U_{ф}} \right|$ - модель относительной ошибки прогноза.

Обеспеченность количественного прогноза среднего по краю урожая риса до сева с заблаговременностью от 10 до 6 месяцев составила на зависимой выборке 83-94 и 80-94 % на независимой. Предложенный нами метод прогноза имеет оправдываемость на 4-18 % выше, чем инерционный и на 5-7 % выше, чем прогноз по тренду на независимом ряде лет. На за-

зависимой выборке методический прогноз имеет обеспеченность выше инерционного на 7-18 % и на 5-10 % выше прогноза по тренду, аппроксимированному полиномом третьей степени.

Кроме прогноза урожая риса, по предложенной методике были разработаны прогнозы урожая соя, овса, ячменя, гречихи. Так, например, оправдываемость прогноза урожая соя до сева составила от 76 до 80 % на зависимой выборке и от 64 до 78 % на независимой.

Начиная с 1983 г. на кафедре метеорологии Дальневосточного государственного университета составлялись прогнозы урожайности до сева, которые затем передавались в агропромышленный комитет Приморского края. Как видно из данных, приведенных в табл. 6.7, средняя оправдываемость прогноза урожая риса (до сева) за 1983-1987 гг. с заблаговременностью 9 месяцев составила около 92 %, с заблаговременностью 6 месяцев - 94 %. В качестве предикторов в первой схеме использованы ΔW_{ki} , ΔS_{ki} , ΔZ_{ki} ; во второй схеме - ΔW_{ki} , ΔW_{mi} , $\Delta \sum M_{ki-m}$ (табл. 6.1). Оправдываемость прогнозов урожайности с заблаговременностью 10 и 6 месяцев по b' (0,36 т/га) равна соответственно 80 и 100 %.

Рассчитав прогностические значения средней по краю урожайности риса (до сева), можно перейти к прогнозированию урожайности по отдельным рисоводческим хозяйствам, поскольку именно такие прогнозы являются основой для осуществления моделирования продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве в зависимости от степени экономической самостоятельности (см. гл. 2).

Расчет прогностического значения трендовой составляющей урожайности риса (E_z) осуществляется по формуле (6.3).

Таблица 6.7

Оправдываемость прогноза среднего по краю урожая риса до сева за период с
1983 по 1987 гг. (независимая выборка)

| Годы | Фактический урожай (т/га) | Заблаговременность 10 месяцев | | | | Заблаговременность 6 месяцев | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|------|------------------------------|--|-----------------------------|------|
| | | Прогноз урожая (т/га) | Абсолютная ошибка прогноза (т/га) | Оправдываемость прогноза | | Прогноз урожая (т/га) | Абсолютная ошибка прогноза (т/га) | Оправдываемость прогноза | |
| | | | | по б', % | Р, % | | | по б', % | Р, % |
| 1983 | 1,52 | 1,47 | 0,05 | 100 | 97 | 1,47 | 0,05 | 100 | 97 |
| 1984 | 2,30 | 1,90 | 0,40 | 0 | 83 | 2,24 | 0,06 | 100 | 97 |
| 1985 | 2,50 | 2,80 | -0,30 | 100 | 88 | 2,80 | -0,30 | 100 | 88 |
| 1986 | 2,45 | 2,51 | -0,06 | 100 | 98 | 2,51 | -0,06 | 100 | 98 |
| 1987 | 2,50 | 2,70 | -0,20 | 100 | 92 | 2,70 | -0,20 | 100 | 92 |
| Среднее за 1983-1987 | | | | 80 | 91,6 | | | 100 | 94,4 |

Прогноз случайной составляющей урожайности риса (ΔP_{Σ}) в хозяйстве осуществляется при помощи двух способов:

- предполагается, что ΔP является функцией крупномасштабных особенностей атмосферной циркуляции над Дальним Востоком, которые предопределяют (см. гл. 5 и п. 6.1) сохранение знака и величины ΔP по всей зоне рисосеяния и во всех хозяйствах (т.е. ΔP , рассчитанная по (6.5) для прогноза средней по краю урожайности риса принимается величиной постоянной для всех хозяйств);

- случайная составляющая урожайности риса в каждом отдельном хозяйстве (ΔP_i , где $i = 1, 2, \dots, k$, k - число рисоводческих хозяйств) определяется при помощи уравнений регрессии

$$\Delta P_i = \alpha \Delta P + \beta,$$

где α и β - коэффициенты уравнения, ΔP - случайная составляющая средней по краю урожайности риса.

Рассмотрим пример составления прогноза урожайности риса на 1988 г. с заблаговременностью 9 месяцев [169].

1. Рассчитываем по 6.3 трендовую составляющую средней по краю урожайности риса E_{1988}

$$E_{1988} = 0,2 \cdot [(0,2 \cdot 1,53) + (0,45 \cdot 2,29) + (0,78 \cdot 2,54) + (1,28 \cdot 2,45) + (2,29 \cdot 2,62)] = 2,49 \text{ т/га.}$$

2. Определяем количественное значение комплексного показателя циркумполярного вихря (W_H), разработанного автором (см. п. 5.3; рис. 5.2), а затем его аномалию (ΔW_H). Для этой цели предварительно строят среднее месячное поле H_{100} по данным, передаваемым из Гидрометцентра СССР. Координаты центра циркумполярного вихря (ЦПВ) в ноябре 1987 г.:

75° с.ш. и 109° в.д. Интенсивность ЦПВ - 1539 дам. Проекция центра ЦПВ на ось ОА (см. рис. 5.2) составила 3,8 см.

$$W_{н,1988} = [3,8 \cdot (1539 - 1500)] = 148,$$

$$\Delta W_{н,1988} = 148 - 132 = 16 \text{ ус. ед.}$$

где 132 - среднее многолетнее значение комплексного показателя ЦПВ в ноябре.

Аномалии ледовитости Охотского моря в декабре 1987 г. - 1 %, аномалия числа дней с западной формой циркуляции по О.К. Ильинскому составила - 6 дней.

3. Рассчитываем четыре линейные дискриминатные функции по (6.4)

$$L_1 = (0,02454 \cdot 16) - (0,10393 \cdot -6) + (0,19221 \cdot 1) + 1,52456 = 2,733;$$

$$L_2 = (0,02615 \cdot 16) - (0,11315 \cdot -6) + (0,33103 \cdot 1) + 0,89064 = 2,319;$$

$$L_3 = (0,035864 \cdot 16) + (0,04969 \cdot -6) + (0,14416 \cdot 1) + 0,06334 = 0,483;$$

$$L_4 = (0,04203 \cdot 16) + (0,13726 \cdot -6) + (0,04395 \cdot 1) - 0,42366 = -0,531.$$

Поскольку L_1, L_2 и $L_3 > 0$, $L_4 < 0$, то согласно правилам комплексирования, приведенным в п. 6.3 (рис. 6.8) составляем фазовый прогноз - урожайность выше тренда (по 6.5)

$$0,13 < \Delta P_{1988} < 0,40 \text{ т/га.}$$

4. Количественный прогноз средней по краю крайности риса (по 6.1) равен

$$P_{1988} = 2,49 \text{ т/га} + 0,25 \text{ т/га} = 2,74 \text{ т/га.}$$

Фактическая урожайность риса по краю в 1988 г. составила 2,79 т/га, ошибка прогноза - 0,05 т/га, оправдываемость прогноза - 98 %.

5. Прогноз урожайности риса по отдельным рисоводческим хозяйствам составляется также по формуле (6.1).

Расчет трендовой составляющей осуществляется по (6.3),

где используются данные об урожайности в хозяйствах. Результаты расчетов трендовой составляющей урожайности (E_{it}) на 1988 г. по основным рисоводческим хозяйствам приведены в табл. 6.8

За прогностическое значение ΔP_{1988} для всех рисоводческих хозяйств принимается величина равная 0,25 т/га (первый способ определения ΔP_i).

Таблица 6.8

Прогноз урожайности риса (т/га) на 1988 г. для отдельных рисоводческих хозяйств и его оценка

| № | Рисоводческое хозяйство | Прогноз E_{\pm} | Прогноз P_{\pm} | Фактическая урожайность | Ошибка прогноза | |
|---|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| | | | | | т/га | $P, \%$ |
| 1 | 50-летия комсомола Приморья | 2,20 | 2,45 | 3,22 | 0,77 | 76 |
| 2 | Новосельский | 2,77 | 3,02 | 2,82 | 0,20 | 93 |
| 3 | Авангард | 2,52 | 2,77 | 2,79 | 0,02 | 99 |
| 4 | 50-летия СССР | 2,42 | 2,67 | 2,90 | 0,23 | 92 |
| 5 | Жемчужный | 2,62 | 2,87 | 2,58 | 0,29 | 89 |
| 6 | Корниловский | 2,63 | 2,88 | 2,90 | 0,02 | 99 |
| 7 | Мельгуновский | 2,63 | 2,88 | 2,61 | 0,27 | 90 |

Средняя ошибка прогноза урожайности по хозяйствам составила 0,26 т/га, средняя оправдываемость прогноза равна 91 %. Прогноз урожайности риса по разработанному методу можно составить для любого рисоводческого хозяйства (в том числе новостройки), в котором имеются данные об урожайности риса за последние пять лет.

В настоящее время синоптико-статистический метод прогноза средней по краю и по отдельным хозяйствам урожайности риса до сева [169] прошел оперативные испытания в Приморском гидрометцентре (1988-1990 гг.), утвержден Центральной методической комиссией (Госкомгидромет СССР) и с 1991 г. внедрен в практику оперативного обслуживания рисоводческих хозяйств края. Метод автором автоматизирован, составлены программы для расчета прогностических зависимостей на ЭВМ типа ЕС и на персональном компьютере (типа IBM). Время расчета, с учетом ввода данных, не превышает нескольких минут.

6.5. Корректировочные прогнозы урожайности после сева

Используя схему, приведенную на рис. 6.6, возможно реализовать несколько вариантов расчетных схем для уточнения прогноза урожайности риса после сева культуры, т.е. в течение периода вегетации. Корректировочные прогнозы, как было отмечено выше, имеют, в основном, агротехническую направленность. Для этой цели нами предварительно была произведена процедура отбора предикторов по схеме, предложенной в 6.1.

В качестве предикторов в расчетных схемах корректировочных прогнозов используются: комплексные характеристики - типы погоды, формирующиеся под влиянием как циркуляционных, так и физико-географических особенностей района, по которому составляется прогноз; аномалии температуры поверхности воды Японского моря, отражающие особенности развития атмосферных процессов и их взаимо-

действия с морской подстилающей поверхностью; аномалии средней месячной температуры воздуха и числа часов с осадками и др.

Ранее, в гл. 4, были выявлены наиболее "опасные" периоды формирования урожайности риса - третья декада мая и все декады июня. Следовательно, на практике корректировочные прогнозы после сева риса целесообразно и физически обосновано составлять в начале июля, используя гидрометеорологическую информацию за май-июнь.

В табл. 6.9 приведены результаты оценки корректировочных прогнозов урожайности риса по Приморскому краю на независимом материале (1983-1987 гг.) составленные:

1) по уравнениям регрессии

$$\Delta P = 3,17 X_1 + 0,27, \quad (6.7)$$

$$\Delta P = 3,56 X_2 + 0,21, \quad (6.8)$$

где X_1 и X_2 - аномалии температуры поверхности воды Японского моря в июне и июле;

2) по разработанной нами схеме комплексирования (рис. 6.7б) с учетом знаков л.д.ф. L_i ($i = 1, 2, 3$)

$$L_i = b_{1i} \Delta t_w + b_{2i} \zeta + b_{3i} C_{\ast} + b_{0i}, \quad (6.9)$$

где Δt_w - аномалии температуры поверхности воды Японского моря в июне; ζ - число дней с центральной формой циркуляции над Дальним Востоком; C_{\ast} - сумма числа часов с осадками за май и июнь; b_{1i} , b_{2i} , b_{3i} , b_{0i} - коэффициенты л.д.ф. Оправдываемость прогноза урожайности по (6.7) и (6.8) оказалась практически на одном уровне - 85-86 %. В то же время, прогнозы, составленные по (6.9), где в каче-

Таблица 6.9

Оправдываемость корректировочных прогнозов урожайности риса по формулам (5.7) -- (5.9)
на независимом материале (1983-1987 гг.)

| Годы | Прогнозы заблаговременности 4 месяца | | | | | | Прогнозы заблаговременности 3 месяца | | |
|------|---|------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|
| | Прогноз урожая по (5.7) (т/га) | Ошибка прогноза (т/га) | Оправ- дывае- мость (Р, %) | Прогноз урожая по (5.8) (т/га) | Ошибка прогноза (т/га) | Оправ- дывае- мость (Р, %) | Прогноз урожая по (5.9) (т/га) | Ошибка прогноза (т/га) | Оправды- ваемость (Р, %) |
| 1983 | 1,96 | -0,44 | 71 | 1,47 | 0,05 | 97 | 1,92 | -0,40 | 74 |
| 1984 | 2,10 | 0,20 | 91 | 2,24 | 0,06 | 97 | 2,14 | 0,16 | 93 |
| 1985 | 2,29 | 0,21 | 92 | 2,10 | 0,40 | 84 | 2,27 | 0,03 | 99 |
| 1986 | 2,06 | 0,39 | 84 | 2,20 | 0,25 | 89 | 1,50 | 0,95 | 61 |
| 1987 | 2,33 | 0,17 | 93 | 2,36 | 0,14 | 94 | 2,40 | 0,10 | 96 |
| | Средняя за 1983-1987 гг. | | 86 | | | 92 | | | 85 |

стве одного из предикторов, также как и в уравнениях регрессии используются аномалии температуры поверхности воды имеют оправдываемость на 5-6 % выше (92 %).

В табл. 6.10 приведены результаты оценки прогноза урожая риса, сои, гречихи, овса на зависимой (1966-1982 гг.) и независимой (1983-1987 гг.) выборках по уравнениям регрессии, где в качестве предикторов использованы Δt_w с мая по июль.

Таблица 6.10

Оправдываемость прогнозов (%) урожайности риса, сои, гречихи, овса с различной заблаговременностью по уравнениям регрессии на зависимой (а) (1966-1982 гг.) и независимой (б) (1983-1987 гг.) выборках

| Заблаговременность (месяцев) | Рис | | Соя | | Гречиха | | Овес | |
|---------------------------------|-----|----|-----|----|---------|----|------|----|
| | а | б | а | б | а | б | а | б |
| 5 | 89 | 70 | 83 | 82 | - | - | - | - |
| 4 | 92 | 86 | 87 | 81 | 66 | 68 | - | - |
| 3 | 91 | 85 | 84 | 81 | 69 | 82 | 73 | 65 |

Наилучшим образом оправдались прогнозы урожайности риса (до 86 %). Качество прогноза урожайности остальных культур несколько хуже, чем для риса. Эти результаты подтверждают вывод о том, что синоптико-статистическая модель прогноза урожая должна разрабатываться для конкретной сельскохозяйственной культуры с учетом ее биологических свойств и региональных гидрометеорологических особенностей.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанная эмпирическая модель квазидвухлетней цикличности аномалий урожайности риса и погоды (первый коэффициент разложения полей сумм температур выше 10°C по естественным ортогональным составляющим) была проверена на фактическом материале за 1960–1985 гг. Установлено существование квазидвухлетней цикличности урожайности риса и некоторых элементов погоды, а также выявлены случаи "сбоя" цикличности.

2. Систематизация выявленных особенностей, при которых происходит сбой двухлетней цикличности, позволила в рамках разработанной модели сформулировать ряд прогностических закономерностей. Определяемость прогноза цикличности и сбоя зависимой выборки (1960–1985 гг.) составила 92 %, определяемость прогностических правил при прогнозировании знака аномалии урожайности составила 80 % ($\rho = 0,60$). По-видимому, здесь сказывается влияние агротехники, а также болезней и вредителей растений риса. На независимой выборке (1986–1990 гг.) определяемость прогноза сбоя цикличности составила 100 %, прогноза знака аномалии ΔP – 75 %.

3. Разработан комплексный показатель (КПС), учитывающий особенности системы: атмосфера – подстилающая поверхность, который учитывает не только три уровня системы, но и характеризует ее в течение большей части холодного периода года (ноябрь–март).

4. Выявленные корреляционные зависимости между КПС и элементами погоды (аномалии числа дней с меридиональной формой циркуляции за июнь–август, аномалия числа дней с

засушливым и влажным типами погоды, аномалии температуры поверхности воды Японского моря и др.), а также аномалиями урожайности риса и других сельскохозяйственных культур, составляющих севообороты рисового поля, могут быть использованы для получения прогностических зависимостей.

5. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что "дирижером" развития направленности физических процессов в незамкнутой системе атмосфера - океан - подстилающая поверхность в первой части модели - "зима-лето" является атмосфера, в частности, циркуляция на нижнем уровне стратосферы. Во второй части модели "лето-зима" подключаются другие физические факторы. Механизм формирования климатических особенностей, по-видимому, следует рассматривать как некую разрывную автоколебательную систему с непериодическим внешним воздействием, где в качестве регулятора системы выступает циркумполярный вихрь.

6. Проведено научное обоснование и составлена блок-схема синоптико-статистического долгосрочного прогноза урожайности риса, которая может быть использована при разработке прогноза урожайности любой сельскохозяйственной культуры. Получена эмпирическая формула для прогноза трендовой составляющей урожайности риса, учитывающая уровень культуры земледелия.

7. Впервые использован линейный дискриминантный анализ для целей прогноза случайной составляющей урожайности сельскохозяйственных культур, разработана методика и правила статистического комплексирования прогноза в зависимости от сочетания знаков нескольких линейных дискриминантных функций. Установлено, что при выборе ширины градации (фазовый прогноз) прогнозируемого элемента необходимо учитывать знак

и величину основных характеристик рассеивания рядов, — коэффициентов асимметрии и эксцесса.

8. Получены прогностические схемы, позволяющие составлять прогноз ΔP с заблаговременностью 9 и 6 месяцев до уборки урожая. В качестве предикторов использованы показатели циркуляции в нижней стратосфере (H_{100}), на среднем уровне тропосферы (H_{500}) и характеристики теплового состояния подстилающей поверхности (ледовитость Охотского моря). Оправдываемость прогнозов средней по краю урожайности риса по результатам авторской проверки (1983–1987 гг.) составила 92–94 % в зависимости от заблаговременности. По данным оперативных испытаний, проведенных в Приморском гидрометцентре на материале за 1988–1990 гг. прогнозы средней по краю урожайности риса оправдались на 96 %. Метод прогноза внедрен в практику оперативного гидрометеорологического обеспечения рисоводства.

9. На основе разработанного автором синоптико-статистического метода прогноза урожайности риса, составлены синоптико-статистические модели прогноза урожайности всех основных зернобобовых культур, составляющих севообороты рисового поля.

10. Впервые разработан метод прогноза урожайности риса до сева для отдельных рисоводческих хозяйств. Такой прогноз является основой для расчета и моделирования продуктивности культур севооборота при различных вариантах хозяйственной самостоятельности. В настоящее время метод прошел оперативные испытания и внедрен в практику оперативного обслуживания рисоводческих хозяйств. Оправдываемость прогноза по данным оперативной проверки (1988–1990 гг.) составила 88–90 %.

ГЛАВА 7. КОМПЛЕКСНЫЙ СИНОПТИКО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

7.1. Общие положения методики нового комплексного синоптико-климатического долгосрочного прогноза погоды

Обзор основных методов и способов динамического и статистического комплексирования прогнозов погоды приведен в I гл. данной работы. Следует отметить, что долгосрочные прогнозы погоды (ДПП), как правило, составляются для основных элементов погоды — температуры и осадков [9, 15, 18, 36, 44, 63, 68, 121, 122, 132, 196, 197, 240 и др.] .

В настоящее время известно большое число различных методов и способов прогноза средней месячной температуры воздуха, разработанных для различных регионов страны. На Дальнем Востоке такие работы выполнены Г.В. Свиноуховым [197] , Г.И. Анжиной [9] , Р.Я. Жижко [68] и др. авторами.

В данных исследованиях, как правило, объектом прогнозирования являются аномалии средней месячной температуры воздуха, рассчитанные в отклонениях от нормы или среднего многолетнего (ΔT). Авторы, указанных исследований, исходят из предпосылки о постоянстве некоторого "среднего" фона температуры, который остается неизменным в течение нескольких десятков лет и не учитывают естественных климатических флуктуаций, существование которых доказано многими отечественными и зарубежными учеными. Под климатической флуктуацией по определению Г.В. Грузи и Э.Я. Раньковой [54] понимают климатическое непостоянство с периодом колебаний от нескольких недель до нескольких десятилетий.

Поэтому была высказана гипотеза о том, что одним из возможных путей повышения качества долгосрочного прогноза средней месячной температуры воздуха является учет естественных долгопериодных (несколько десятилетий) колебаний климата.

В этом случае прогностическое значение средней месячной температуры воздуха ($T_{пр}$) будет представлено суммой двух слагаемых (по аналогии с прогнозом урожайности)

$$T_{пр} = T_{тр} + \Delta T \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (7.1)$$

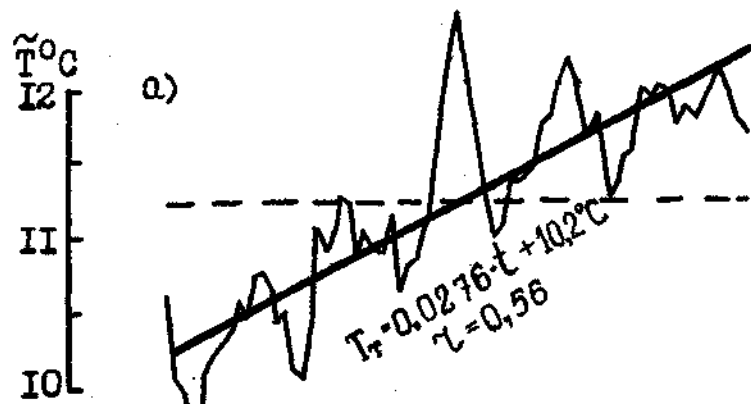
где $T_{тр}$ - трендовая или детерминированная составляющая, обусловленная, главным образом, долгопериодными колебаниями климата, проявляющимися в вековом ходе средней месячной температуры воздуха; ΔT - случайная составляющая, обусловленная особенностями атмосферной циркуляции, теплового состояния подстилающей поверхности и другими факторами.

Разработка комплексного метода прогноза средней месячной температуры воздуха, учитывающего климатические флуктуации и особенности атмосферной циркуляции, предполагает осуществление нескольких этапов.

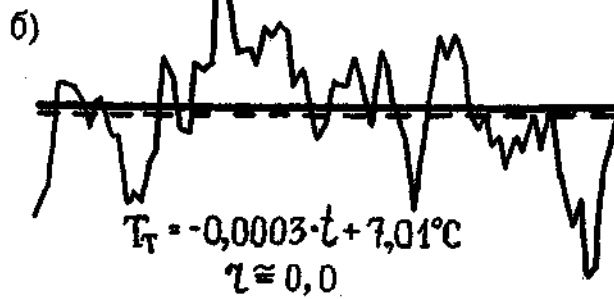
1. На первом этапе необходимо исключить при помощи того или иного метода короткопериодные колебания в ходе средней месячной температуры воздуха. Одним из простейших и наиболее распространенных методов фильтрации временных рядов является метод скользящего среднего.

2. На втором этапе первоначально выявляют наличие линейного тренда во временном ходе осредненной, например, по скользящим пятилетиям (\tilde{T}_5) средней месячной температурой воздуха. На этом этапе может быть выявлено три основных

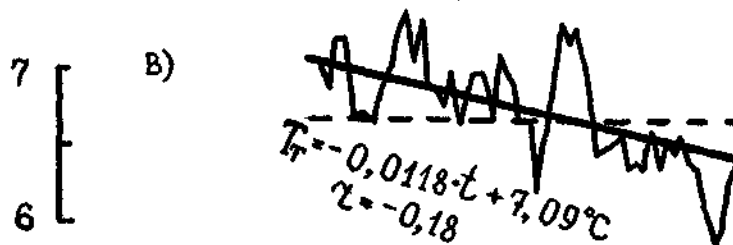
Тимирязевский, май



Тимирязевский, октябрь



Астраханка, октябрь



1907 1917 1927 1937 1947 1957 1967 1977 1987 г.

Рис. 7.1. Временной ход осредненных по скользящим пятилетиям средних месячных температур воздуха, линейный тренд (T_T) и среднее многолетнее (— — —).

ситуации, приведенных на рис. 7.1. В первом случае (рис. 7.1а) линейный тренд положительный. Коэффициент корреляции (r) между номером года (t) и температурой воздуха больше нуля. В качестве примера приведен тренд и временной ход, осредненной по скользящим пятилетиям, средней месячной температуры воздуха в мае по гидрометеорологической станции (ГМС) Тимирязевский ($r = 0,56$). Во втором случае — тенденция тренда не выражена ($r \approx 0$). Трендовая составляющая — величина постоянная и ее количественное значение равно средней многолетней температуре воздуха (ГМС Тимирязевский, октябрь). В третьем случае наблюдается отрицательный тренд, r меньше нуля. Такая ситуация характерна для временного ряда средней месячной температуры воздуха в октябре по ГМС Астраханка ($r = -0,18$).

Общим для всех ситуаций является осциллирующий характер временного хода, осредненных по скользящим пятилетиям, средних месячных температур воздуха вдоль линии восходящего ($r > 0$), нисходящего ($r < 0$), либо нейтрального ($r \approx 0$) тренда.

3. На третьем этапе разрабатывается способ прогноза детерминированной составляющей средней месячной температуры воздуха, который определяется, главным образом, величиной амплитуды осциллирующих колебаний, а также зависит от характера линейного тренда. Так, например, если амплитуда колебаний составляет 1°C и менее или меньше b (среднего квадратического отклонения), то в первой и третьей ситуациях, приведенных на рис. 7.1, в качестве прогностического используется уравнение линейной регрессии, полученное по данным за весь период инструментальных наблюдений. На рис.

7.1б приведена классическая ситуация, которая, в основном, и используется при прогнозировании средней месячной температуры воздуха, а точнее аномалии средней месячной температуры. Это ситуация, когда линейный тренд не испытывает тенденции возрастания или убывания со временем, а ΔT рассчитываются в отклонениях от среднего многолетнего.

Если амплитуда колебания превышает b и в ходе \tilde{T}_5 наблюдается несколько максимумов (\max) и минимумов (\min), то прогноз T_{tr} может быть осуществлен более сложным способом.

Аппроксимируем, например, волну в ходе \tilde{T}_5 от одного, выявленного визуально (рис. 7.1), \max до другого полиномом, для которого затем определим \max и \min функции Y , исходя из условия, что если

$$\begin{aligned} Y' = 0; \quad Y'' < 0 & \quad , \text{ то наблюдается } \max Y, \\ Y' = 0; \quad Y'' > 0 & \quad , \text{ то наблюдается } \min Y, \end{aligned} \quad (7.2)$$

где Y' и Y'' - первая и вторая производные соответственно [107]. Затем выделим в ходе \tilde{T}_5 восходящую (от \min до \max) и нисходящую (от \max до \min) ветви.

4. Рассчитываем уравнения регрессии, аппроксимирующие восходящие и нисходящие участки в ходе \tilde{T}_5 и находим аномалии средней месячной температуры воздуха, представленные разностью между фактической средней месячной температурой воздуха и трендом, аппроксимированным на заданной области определения прямой.

5. Если долгосрочный прогноз ΔT разрабатывается на основе синоптико-статистического метода, то на этом этапе необходимо создать физическую модель развития процессов в атмосфере с учетом особенностей подстилающей поверх-

ности, приводящих к формированию определенных аномалий погоды. Предикторы для расчетных схем определяются на основе этой модели. Комплексование исходной прогностической информации на данном этапе может быть осуществлено различными способами. Например, создание комплексного показателя циркумполярного вихря (W) или комплексного показателя системы атмосфера - подстилающая поверхность за холодное полугодие (КПС) (см. гл. 5).

6. Определяем прогностические зависимости между предикторами, отображающими особенности атмосферной циркуляции и теплового состояния подстилающей поверхности, и $\Delta T^{\circ}\text{C}$ отдельно для восходящей и нисходящей ветвей. На этом этапе могут быть использованы линейные регрессионный и дискриминантный анализы. В случае использования последнего, комплексование прогноза осуществляется по правилам, приведенным в разделе 6.4.

7. Составляется долгосрочный прогноз и его уточнения с различной заблаговременностью, определяемой эмпирической моделью (естественные природные связи) и требованиями потребителя данной прогностической информации.

Апробация, разработанного комплексного подхода в долгосрочном прогнозировании, была осуществлена на примере долгосрочного прогноза средней месячной температуры воздуха в июне [168, 174] и теплообеспеченности вегетационного периода по территории Приморского края [161].

Поскольку разработанный комплексный метод основан на учете климатических флуктуаций и особенностей атмосферной циркуляции, то он получил название комплексного синоптико-климатического метода прогноза.

7.2. Долгосрочный прогноз средней месячной температуры воздуха в июне по Приморскому краю на основе комплексного синоптико-климатического метода

Долгосрочные прогнозы аномалий средней месячной температуры воздуха по Приморскому краю разрабатывались Г.В. Свиноуховым [197], Р.Я. Жежко [68], Г.И. Анжиной [9] и др. авторами.

Г.В. Свиноуховым строились уравнения множественной регрессии, которые затем уточнялись, метод прогноза совершенствовался. В последние годы широкое распространение при долгосрочном прогнозировании аномалий средней месячной температуры воздуха, осадков и других элементов погоды получил метод множественной пошаговой регрессии адаптивные регрессионные схемы прогноза, теоретические основы которого были заложены Г.В. Груза. Использование данного подхода при прогнозировании аномалии температуры воздуха (ΔT_a) по Приморскому краю [9] позволило улучшить качество прогнозов по сравнению с официальным методом, за исключением прогноза ΔT_a на июнь и июль, — т.е. месяцы наиболее важные с точки зрения сельского хозяйства, и особенно, рисоводства (см. главы 3-4).

В предыдущих главах изложены физические основы разработанного нового комплексного метода прогноза урожайности риса и аномалий погоды: рассмотрена последовательность развития атмосферных процессов над Дальним Востоком и особенности теплового состояния морской подстилающей поверхности, показан возможный механизм квазидвухлетней цикличности аномалий урожайности риса и погоды, сформулированы основные методы нового комплексного синоптико-климатическо-

го метода прогноза погоды.

Рассмотрим его реализацию на примере прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха в июне по территории основной сельскохозяйственной зоны Приморского края. В качестве исходной информации использовались данные о средней месячной температуре воздуха за период инструментальных наблюдений с 1881 по 1988 гг. по 12 гидрометеорологическим станциям Приморского края.

При реализации первого этапа разработки комплексного долгосрочного метода прогноза средней месячной температуры воздуха были исключены короткопериодные колебания временных рядов T °С при помощи скользящего осреднения по пятилетиям (рис. 7.2). Для выявления линейных климатических трендов рассчитывались уравнения линейной регрессии. Оказалось, что на всех исследуемых станциях линейные тренды положительные, за исключением ГМС Пограничный и Посьет.

При разработке физико-статистических методов долгосрочного прогноза погоды выявление скрытых цикличностей в ходе гидрометеорологических элементов преследует две основные цели. Во-первых, наличие периодичностей может позволить использовать их непосредственно при экстраполяции будущих значений интересующего параметра. Во-вторых, анализ характерных периодов в ходе метеорологических элементов может помочь в установлении причинно-следственных связей и в выявлении механизмов и внешних факторов, вызывающих данные периодические изменения.

Выявление скрытых периодичностей может быть проведено методами спектрального анализа. В основе применения метода лежит предположение о стационарности рядов исходных данных, что достаточно хорошо выполняется для столетних рядов средних месяч-

Пограничный

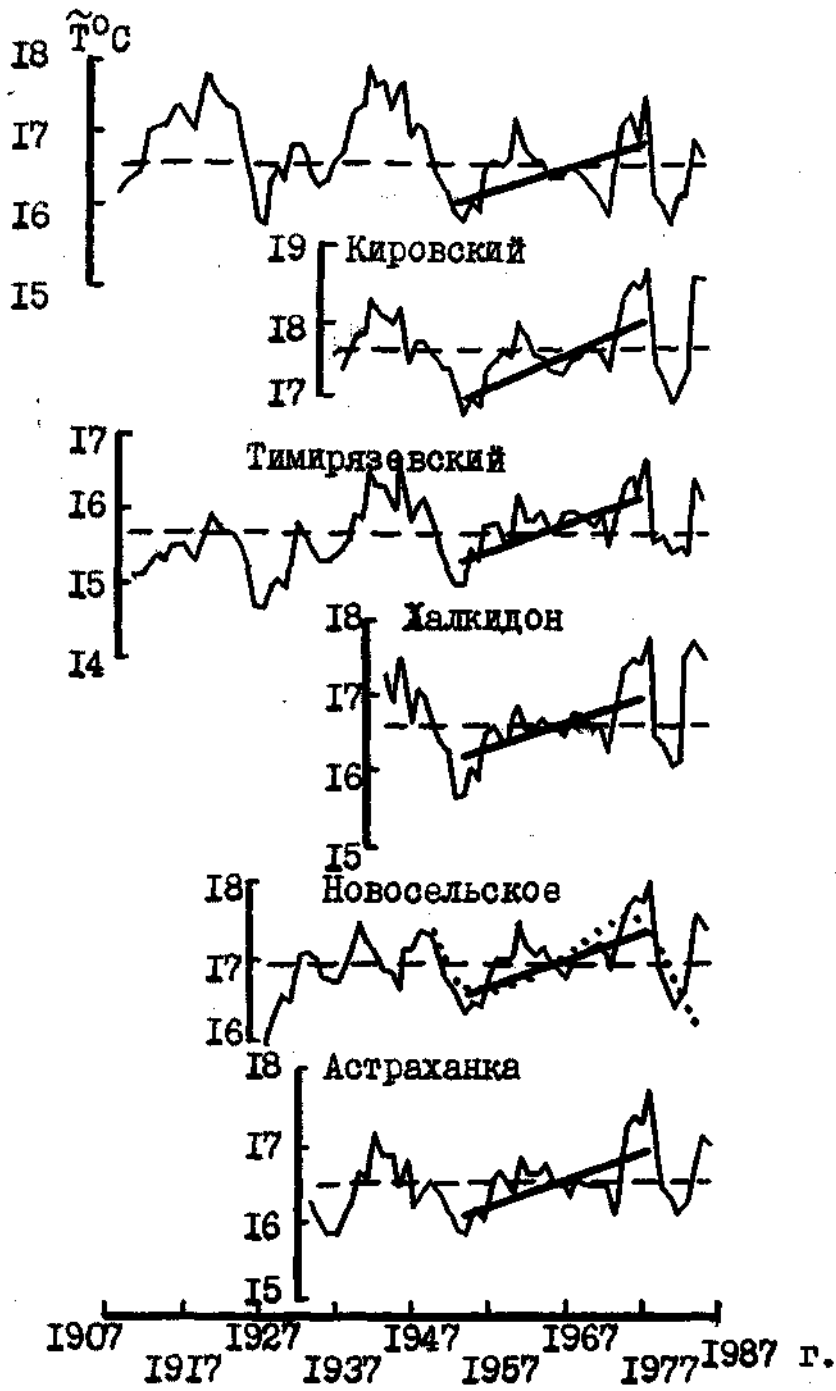


Рис. 7.2. Временной ход осредненных по скользящим пятилетиям средних месячных июньских температур воздуха, линейный тренд (T_T), средняя многолетняя температура (---) и полином третьей степени (.....).

ных температур воздуха. Была рассчитана функция спектральной плотности $\rho(\omega_k)$, которая имеет смысл плотности дисперсии σ^2 приходящейся в общей изменчивости температуры на колебания с частотами в пределах единичного частотного интервала в окрестности частоты ω_k . Общая дисперсия может быть представлена в виде суммы дисперсий, приходящихся на колебания различных частот:

$$\sigma^2 = \sum_{k=0}^{\infty} \sigma_k^2,$$

или в пределе, при $\Delta\omega \rightarrow 0$

$$\sigma_k^2 = \int_0^{\infty} \rho(\omega_k) d\omega.$$

Размерность функции спектральной плотности температуры воздуха — $(T^\circ)^2 \text{ год}$, где T° — размерность температуры, $^\circ\text{C}$.

Поскольку нами рассматривается межгодовая изменчивость температуры в качестве масштаба времени был принят год, размерность $[\rho] = (^\circ\text{C})^2 \cdot \text{год}$, а вместо частот рассматривались соответствующие им периоды $\tilde{\tau}$ в месяцах или годах

$$\tilde{\tau}_k = \frac{2\pi}{\omega_k}.$$

На рис. 7.2а представлена функция спектральной плотности средней месячной температуры воздуха в июне по данным двух длиннопериодных гидрометеорологических станций: Владивосток (III лет) и Тимирязевский (90 лет).

В ходе $\tilde{\tau}_k$ отмечено несколько максимумов (макс.) и минимумов (мин.). Максимумы наблюдались в 1922–1923, 1946–1947 и в конце 70-х годов. Минимумы отмечены на всех станциях в 1930–1931, 1956–1957 и 1982–1983 гг. (рис. 7.2).

После уточнения времени наступления макс. и мин. аппроксимируем прямой восходящие и нисходящие участки полинома третьей степени. Так, например, коэффициенты корреляции и

Функция спектральной плотности среднемесячных температур
воздуха

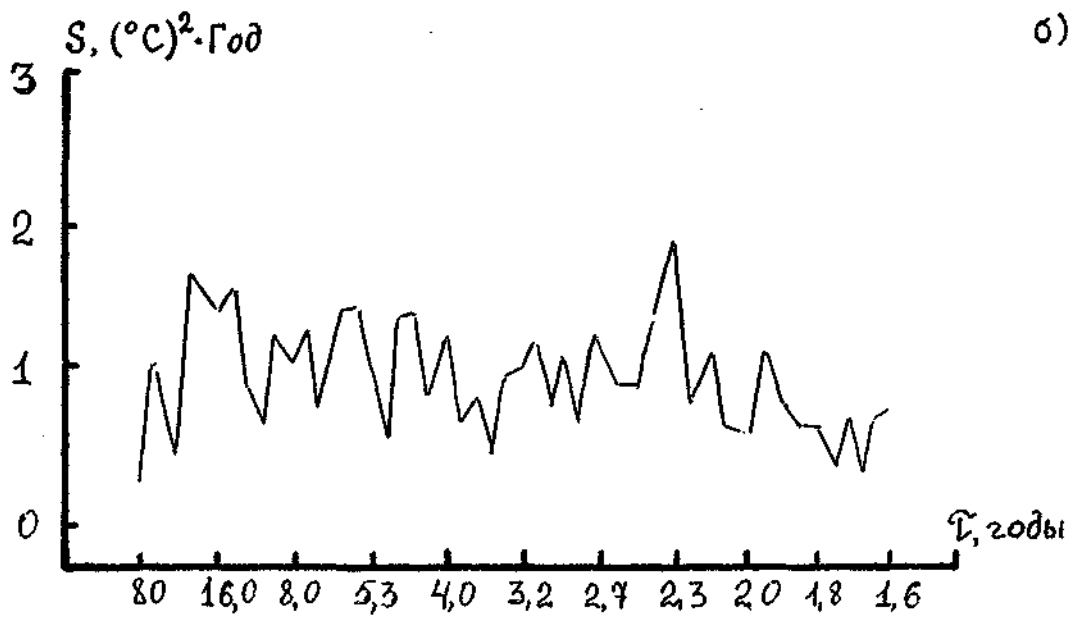
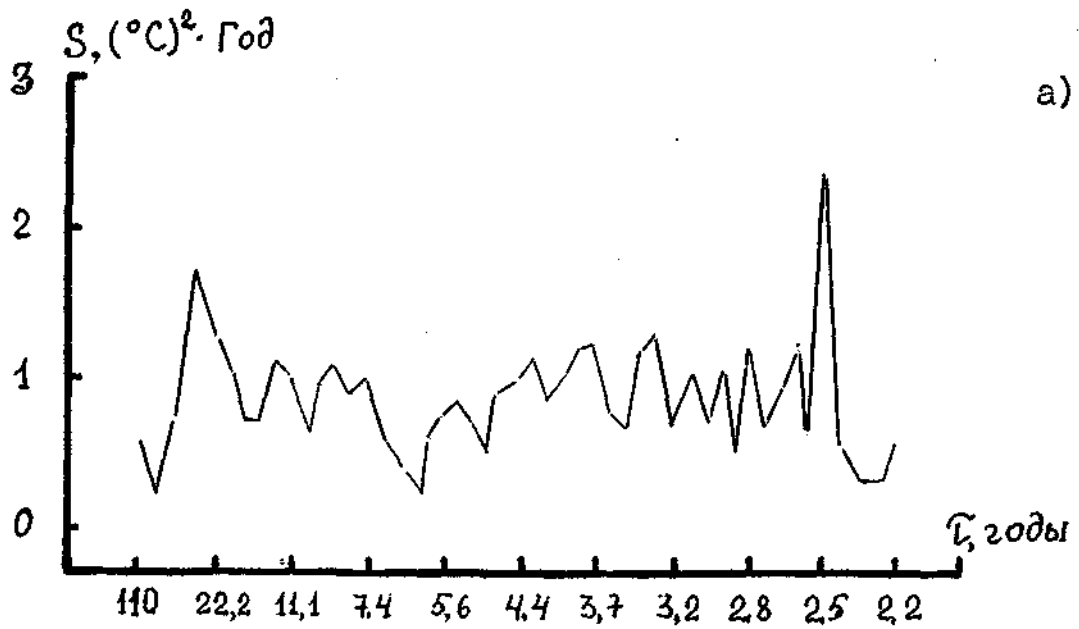


Рис. 7.2а. Владивосток, июнь (а); Тимирязевский, июнь (б).

параметры уравнений регрессии, рассчитанные на восходящей ветви (от 1956 до 1977 гг.), представлены в табл. 7.1. Для большинства станций установлена положительная линейная связь, r изменяются от 0,25 (Новосельское) до 0,67 (Находка). Отрицательные r установлены на ГМС Владивосток, Спасск-Дальний, Посьет. Значимость коэффициента корреляции оценивалась при помощи критерия Стьюдента. Звездочкой в табл. 7.1 отмечены те ГМС, на которых r значим с 95-ти процентной доверительной вероятностью. Для остальных ГМС $T_{тр}$ принимается постоянной величиной, равной среднему многолетнему, рассчитанному за весь период инструментальных наблюдений до 1980 г. Следует отметить, что ошибка расчета средней месячной температуры воздуха, рассчитанной за весь период инструментальных наблюдений и за период с 1956 по 1977 гг., на большинстве ГМС менее 0,2 °С, что не превышает ошибку расчета средней месячной температуры воздуха для теплого периода года, приведенную в Научно-прикладном справочнике по климату.

Для тех ГМС, где r значимы на 5-ти процентном уровне (95-ти процентной доверительной вероятностью) прогноз

$T_{тр}$ осуществляется при помощи уравнений регрессии, параметры которых приведены в табл. 7.1.

Прогноз ΔT осуществляется при помощи комплексирования знаков нескольких линейных дискриминантных функций (л.д.ф.), которые, в общем виде, записываются следующим образом:

$$L = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d, \quad (7.3)$$

где X_1, X_2, X_3 - предикторы; a, b, c - коэффициенты уравнений; d - свободный член уравнения; i - номер ли-

Таблица 7.1

Средние многолетние значения средней месячной температуры воздуха, коэффициенты корреляции и уравнений регрессии на восходящей (1956-1977 гг.) и на нисходящей (1977-1983 гг.) ветвях тренда

| Станция | Средняя многолетняя температура воздуха в июне | | Коэффициент корреляции | | Коэффициенты уравнений регрессии | | | |
|-------------------|--|------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|------|------------------|------|
| | по [7] | за 1956-1977 гг. | восходящая ветвь | нисходящая ветвь | Восходящая ветвь | | Нисходящая ветвь | |
| | | | | | а | в | а | в |
| 1* Посьет | 14,3 | 13,9 | -0,71 | 0,06 | -0,02 | 14,6 | 0,01 | 14,2 |
| 2 Владивосток | 13,8 | 13,9 | -0,08 | -0,18 | 0,00 | 14,0 | -0,03 | 14,5 |
| 3* Анучино | 17,0 | 16,8 | 0,51 | -0,75 | 0,02 | 16,5 | -0,21 | 18,1 |
| 4* Партизанск | 15,1 | 14,8 | 0,47 | -0,57 | 0,02 | 14,7 | -0,10 | 15,2 |
| 5* Спасск-Дальний | - | 17,6 | -0,39 | -0,72 | -0,03 | 17,9 | -0,21 | 18,4 |
| 6 Новосельское | 16,9 | 17,0 | 0,25 | -0,74 | 0,02 | 16,8 | -0,21 | 18,2 |
| 7* Тимирязевский | 15,7 | 15,7 | 0,47 | -0,70 | 0,02 | 15,5 | -0,15 | 16,6 |
| 8* Халкидон | - | 16,5 | 0,60 | -0,73 | 0,03 | 16,2 | -0,21 | 17,8 |

нейной дискриминантной функции ($i = 1, 2, 3, \dots, a$).

Каждая л.д.ф. делит вектор ΔT на две области: $A1$ и $A2$. В первой из них ($A1$) наиболее вероятно осуществление ΔT ниже некоторого порогового значения $\Delta T < m_i = \text{const}$, а во второй ($A2$), напротив, - наиболее вероятно $\Delta T > m_i = \text{const}$.

Рассчитав последовательно q л.д.ф., можно составить $(q + 1)$ -фазовый прогноз. Комплексирование знаков нескольких л.д.ф. осуществляется по схеме, приведенной ниже (табл. 7.2). Коэффициенты л.д.ф. рассчитываются отдельно для восходящей и нисходящей ветвей тренда.

Таблица 7.2

Схема комплексирования знаков линейных дискриминантных функций, терминология фазового прогноза и соответствующие ему количественные значения $T^{\circ C}$

| N | Схема сочетания знаков л.д.ф. | | | | | | Формулировка фазового прогноза | Количественный критерий $T^{\circ C}$ |
|----|-------------------------------|---|---|---|---|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1. | | | | | | | Очень холодный июнь | -2,0 |
| 2. | | | | | | | Холодный июнь | -1,3 |
| 3. | | | | | | | Ниже тренда | -0,5 |
| 4. | | | | | | | Выше тренда | 0,5 |
| 5. | | | | | | | Теплый июнь | 1,3 |
| 6. | | | | | | | Очень теплый июнь | 1,8 |
| 7. | | | | | | | Аномально теплый июнь | 2,5 |

Примечание: в табл. 7.2 стрелка направлена вправо при положительной л.д.ф.; влево - при отрицательной л.д.ф.

При прогнозировании средней месячной температуры воздуха в июне по Приморскому краю был использован семифазовый прогноз, терминология составления которого приведена в

табл. 7.2. Затем осуществляется переход от фазового к количественному прогнозу ΔT °С, за который принимается математическое ожидание соответствующей градации фазового прогноза.

Прогноз ΔT осуществлялся по прогностическим схемам, для которых предикторы выбирались из табл. 6.6 с таким расчетом, чтобы схема прогноза была трехуровневной, т.е. учитывала бы особенности атмосферной циркуляции в нижней стратосфере, тропосфере и характеристики подстилающей поверхности. Было реализовано несколько расчетных схем с заблаговременностью 5 и 2 месяцев. Наиболее удачными были I-ая и IV-ая схемы, где в качестве предикторов выбраны: отклонение от среднего многолетнего комплексного показателя ЦПВ в ноябре предшествующего года (ΔW_{XI}) и марте текущего (ΔW_{III}), отклонение от средней многолетней ледовитости Охотского моря в декабре (ΔS_{XII}), отклонения от среднего многолетнего числа дней с западной формой циркуляции на Дальнем Востоке (ΔZ_{XI}) в ноябре предшествующего года, отклонение от среднего многолетнего числа дней с западной формой циркуляции за ноябрь-март ($\Delta \Sigma M_{XI-III}$).

Для проверки высказанной гипотезы о возможности улучшения качества прогноза путем расчета коэффициентов прогностических уравнений для восходящих и нисходящих участков тренда были рассчитаны прогностические уравнения для трех вариантов: для ΔT на восходящей ветви; для ΔT на нисходящей ветви и для ΔT от среднего многолетнего. Затем составлялись прогнозы ΔT по всем вариантам и оценивались (табл. 7.3) согласно Наставлению по службе прогнозов [132]. Результаты авторской проверки на зависимой выборке (1960-

1984 гг.) показали, что в среднем по исходным станциям прогнозы температуры воздуха по первому и третьему вариантам незначительно отличаются между собой.

В соответствии с Наставлением прогноз ΔT считается оправдавшимся, если P и K больше 50 %. Для сравнения авторского метода прогноза с официальным методом, который до 1982 г. оценивался по другой методике, были рассчитаны применявшиеся ранее параметры оценки: ρ - оправдываемость ΔT по знаку и Q - оправдываемость по величине.

По параметрам P и K прогнозы оправдались по всем трем вариантам. Самую высокую оправдываемость получили прогнозы ΔT для Кировского. В среднем по краю прогнозы ΔT по I и 3-му вариантам следует считать удовлетворительными по знаку ($\rho > 0$, $Q > 1$), по второму варианту - хорошими ($\rho > 0$, $Q < 1$). Такая высокая оценка прогноза ΔT на нисходящей ветви принимается как ориентировочная, поскольку длина ряда составляет 7 лет, но здесь следует отметить и тот факт, что полученные схемы расчета позволили дать успешный прогноз в экстремальные по ΔT годы. Например, прогноз ΔT на 1983 г. по второму варианту по I схеме с заблаговременностью 5 месяцев имел такие оценки: $P = 83 \%$; $K = 83 \%$, $\rho = 1,00$ и $Q = 1,08$. В то время, как оценки прогноза на этот же год по 3-му варианту ^{были} ниже всякой критики: $P = 4 \%$, $K = 0 \%$, $\rho = -0,67$ и $Q = 18,12$.

Рассмотрим пример составления прогноза ΔT на независимой выборке (1985-1988 гг.) по I схеме, по 3-му варианту для Новосельского на 1986 и 1987 гг. Количественные значения предикторов для 1986 г.: $\Delta W_{XII} = -16$; $\Delta^3_{XI} = 4$, $\Delta S_{XII} = -6$. Для 1987 г. - $\Delta W_{XII} = 160$, $\Delta^3_{XI} = 3$, $\Delta^3_{XII} =$

= - 6. Коэффициенты для расчета линейных дискриминатных функций L_i и их рассчитанные значения приведены в табл. 7.4. Согласно схеме комплексирования на 1986 г. составлен фазовый прогноз ΔT - "Ниже среднего многолетнего", количественный прогноз $\Delta T = -0,5$ °С. На 1987 г. фазовый прогноз - "Очень теплый месяц", количественный $\Delta T = 2,5$ °С. Фактическая средняя месячная температура воздуха в Новосельском в 1986 и 1987 гг. составила соответственно 16,7 °С и 18,6 °С, ΔT для этих лет равны: -0,2 °С и 1,7 °С.

Определенный интерес представляет сравнение успешности прогнозов, составленных на основе авторского метода с успешностью прогнозов, составленных адаптивным, адаптивным с использованием процедуры двойного "просеивания" предикторов и официальными методами на независимых рядах лет (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Оценка прогнозов ΔT в июне по Приморскому краю, составленных различными методами на независимых рядах лет

| № | Название метод | Р % | К % | ρ | Q | Независимый ряд (годы) |
|---|--|-----|-----|--------|------|------------------------|
| 1 | Авторский метод, I-ый вариант | 83 | 75 | 0,66 | 0,64 | 1985-1988 |
| 2 | Авторский метод, 3-ий вариант | 82 | 83 | 0,58 | 0,75 | "-" |
| 3 | Адаптивный метод | 58 | 40 | -0,15 | 2,23 | 1975-1982 |
| 4 | Метод с двойным "просеиванием" предикторов | 61 | 51 | 0,26 | 1,56 | 1975-1982 |
| 5 | Официальный метод | - | - | 0,26 | 1,53 | 1985-1988 |

Таблица 7.4

Коэффициенты линейных дискриминантных функций (f_1 , f_2 , f_3 и C_0) и их рассчитанные значения для 1986 и 1987 гг. по Новосельскому

| № h_i | f_1 | f_2 | f_3 | C_0 | h_i 1986 | h_i 1987 | Фазовый прогноз | | Количественный прогноз °С | |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|------|
| | | | | | | | 1986 | 1987 | 1986 | 1987 |
| 1. | 0,000640 | 0,00973 | -0,007138 | 0,043141 | 0,115 | 0,131 | "Ниже среднего многолет." | "Очень теплый месяц" | -0,5 | 2,5 |
| 2. | 0,001039 | 0,011326 | 0,005247 | 0,021057 | 0,018 | 0,0189 | | | | |
| 3. | 0,002692 | 0,019411 | 0,005514 | -0,010407 | -0,009 | 0,445 | | | | |
| 4. | 0,000987 | 0,008446 | 0,019983 | -0,050711 | -0,153 | 0,120 | | | | |
| 5. | 0,001193 | -0,005716 | 0,010893 | -0,057838 | -0,160 | 0,057 | | | | |
| 6. | 0,000616 | 0,004753 | 0,003427 | -0,047429 | -0,058 | 0,040 | | | | |

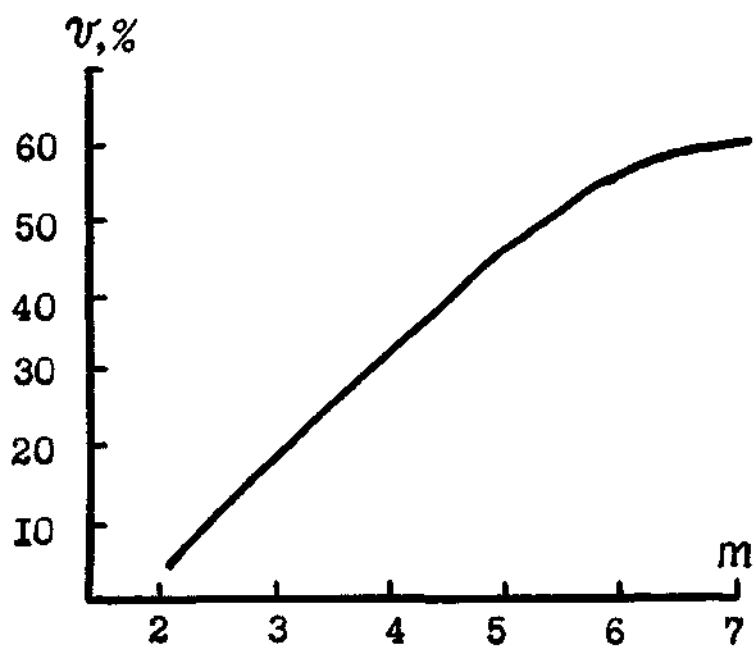


Рис. 7.3. Зависимость информационного отношения (v) от числа фаз прогноза (m).

Анализ табл. 7.5 показывает, что предложенным методом были получены прогнозы, оправдываемость которых на июнь существенно выше оправдываемости, полученной другими методами. Это повышение составляет по Р 22–25 %, по К 24–43 %. По ρ и по Q авторский метод прогноза оценивается как хороший ($\rho > 0,58$ $Q < 1$). Однако необходимо отметить, что в качестве независимого ряда разные авторы принимали различные периоды лет, что сказалось на оценках прогнозов.

Помимо таких распространенных и широко известных оценок качества долгосрочного прогнозирования, как Р %, ρ и Q , оценить методический прогноз можно и при помощи информационного отношения (\mathcal{U}), которое показывает в какой мере оцениваемый метод прогноза уменьшает климатическую энтропию (см. гл. I). Исследуя зависимость \mathcal{U} от числа фаз прогноза было установлено, что с увеличением числа фаз прогноза возрастает и величина \mathcal{U} . Так, если информационное отношение для двухфазового прогноза ΔT (т.е. прогноз выше или ниже нормы) составляет всего 2 %, для четырехфазового – 25 %, то для 5–7 фазовых прогнозов \mathcal{U} составляет уже более 40 % (рис. 7.3), что является весьма существенной величиной.

Таким образом, результаты оценки оправдываемости прогнозов на независимом материале, а также сравнение их с официальными прогнозами свидетельствуют о целесообразности использования авторского метода в оперативной практике долгосрочного прогнозирования. Этот метод позволяет давать прогнозы с большой заблаговременностью и достаточной оправдываемостью для сельскохозяйственной зоны Приморского края.

7.3. Долгосрочный комплексный метод прогноза теплообеспеченности и типа распределения декадной температуры воздуха за вегетационный период

7.3.1. Комплексный синоптико-климатический прогноз теплообеспеченности вегетационного периода

Климатическая характеристика и крайние значения сумм температур выше 10°C приведены в гл. 4. В некоторые годы отклонения сумм температур от средней многолетней суммы по отдельным гидрометеорологическим станциям Приморского края могут достигать $\pm(300-500)^{\circ}\text{C}$, что резко влияет на сроки развития и продуктивность растений. Так, в годы с большими отрицательными аномалиями $\Delta \Sigma T$ многие культурные растения могут не дозреть, поэтому в такие годы необходимо высевать наиболее скороспелые культуры или сорта. При больших положительных аномалиях тепла целесообразно расширение посевов пожнивных культур или более теплолюбивых и высокоурожайных сортов.

Впервые метод долгосрочного прогноза теплообеспеченности вегетационного периода был разработан Ф.Ф. Давитая [59]. В основе метода лежит использование асинхронных связей между сроками наступления весны и общим количеством тепла летом.

Прогноз теплообеспеченности вегетационного периода для Приморского края по методу Ф.Ф. Давитая был разработан В.В. Калмыковой и Ф.А. Домбровской [97]. Ими были получены значения коэффициентов уравнений регрессии для расчета различных показателей термического режима периодов с температурой воздуха выше 10°C и 15°C . Данный метод позволяет в апреле-мае рассчитать общую продолжительность и сумму температур

периодов выше 10°C и 15°C . Однако, указанный способ прогноза имеет нулевую заблаговременность, что не позволяет своевременно осуществить ряд хозяйственных мероприятий, таких, как выбор сорта, уточнение размеров посевных площадей и сроков сева и так далее. Проведение указанных действий потребителем агрометеорологической информации позволило бы в значительной мере уменьшить ущерб в годы с неблагоприятными погодными условиями и, наоборот, получить максимально возможные урожаи в годы с благоприятными для конкретной сельскохозяйственной культуры погодными условиями.

Увеличить заблаговременность прогноза сумм температур можно при помощи синоптического метода на основе асинхронных зависимостей между характеристиками атмосферной циркуляции и теплового состояния подстилающей поверхности в периоды предшествующие вегетационному периоду и суммой температур за вегетационный период.

Рассмотрим возможности нового комплексного синоптико-климатологического метода на примере долгосрочного прогноза сумм температур выше 10°C , характеризующих особенности теплообеспеченности вегетационного периода.

Первоначально детально исследуем временную структуру объекта прогноза, в данном случае, сумм температур. На рис. 7.4 приведен временной ход сумм температур с 1943 по 1987 годы по ГМС Новосельское. Первоначально, с целью фильтрации короткопериодических колебаний, сглаживание рядов сумм температур осуществлялось с помощью скользящего среднего по пятилетиям. За некоторый эталонный период был принят отрезок времени с 1950 по 1983 гг. Связано это с тем, чтобы проверить аналогичность временного хода и уро-

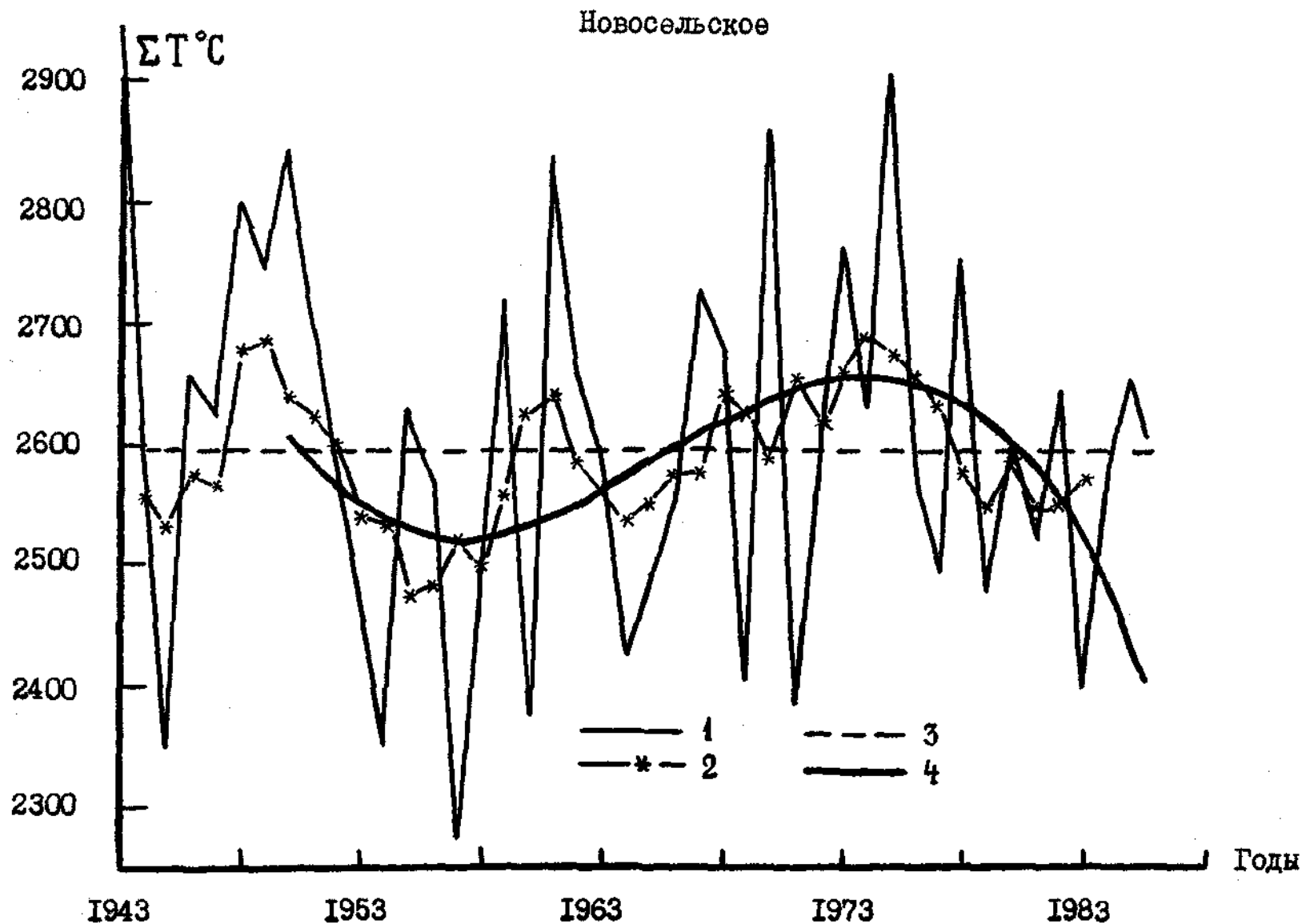


Рис. 7.4. Временной ход сумм температур выше 10°C (1), средние скользящие по пятилетиям (2), средняя многолетняя (3) и полином третьей степени, аппроксимирующий трендовую составляющую (4) сумм температур на области определения функции 1950-1985 гг. по Новосельскому.

жайности риса (данные по урожайности с 1950 г.) в Приморском крае, так как прогноз ΣT разрабатывается для конкретной отрасли сельскохозяйственного производства – рисоводства. Затем, трендовая составляющая ΣT аппроксимировалась полиномом третьей степени (y)

$$y = -0,05 t^3 + 2,54 t^2 - 32 t + 2650 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (7.4)$$

где t – номер года от I до 34; область определения функции y 1950–1983 гг. (рис. 7.4).

Как известно [107], полином третьей степени может иметь два экстремума: один минимум и один максимум. После достижения функцией $y(t)$ максимума она быстро убывает до нуля, а затем стремиться к минус бесконечности. Определение времени осуществления экстремумов важно для целей долгосрочного прогноза. Поскольку их определение дает указание на смену восходящей ветви (от минимума до максимума) нисходящей ветвью (от максимума до минимума) и, наоборот. С прогностической точки зрения это указание на возникновение начала нового периода с обратной связью между зависимой и независимой переменными (см. гл. 4), в данном случае это тренд или трендовая составляющая и время.

Например, на восходящей ветви тренда связь между ΣT и t прямая ($r = 0,37$). Более тесная связь ($r = 0,76$) между суммами температур, осредненными по скользящим пятилетиям ($\tilde{\Sigma T}$) и номером года:

$$\Sigma T = 12,19 t + 2479, \quad (r = 0,37), \quad (7.5)$$

$$\tilde{\Sigma T} = 7,53 t + 2527, \quad (r = 0,76), \quad (7.6)$$

На нисходящих ветвях связь обратная

$$\Sigma T_1 = -30,93 t + 2752, \quad (r = -0,55), \quad (7.7)$$

$$\tilde{\Sigma T}_2 = -48,00 t + 2869, \quad (r = -0,81), \quad (7.8)$$

где t — время; область определения ΣT и $\widetilde{\Sigma T}$ — 1957–1975 гг.; область определения ΣT_1 — 1975–1983 гг.; ΣT_2 — 1948–1957 гг.

В расчетных схемах прогноза $\Delta \Sigma T$ использовались предикторы, определенные в рамках изложенной выше качественно-физической модели квазидвухлетней цикличности аномалий урожая риса и элементов погоды (см. гл. 6).

Коэффициенты прогностических уравнений рассчитывались отдельно для восходящей и нисходящей ветвей тренда.

Рассчитывались семь линейных дискриминантных функций h_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 7$), которые делили вектор $\Delta \Sigma T$ на восемь областей

$$\begin{array}{cccccccc} -\Delta \Sigma T & h_1 & h_2 & h_3 & h_4 & h_5 & h_6 & h_7 & +\Delta \Sigma T \\ \hline & a_{q1} & a_{q2} & a_{q3} & a_{q4} & a_{q5} & a_{q6} & a_{q7} & \end{array}$$

Поскольку коэффициент асимметрии (A) временного ряда сумм температур (табл. 4.12) равен 0,20 (т.е. по абсолютной величине меньше 0,25), то величины положительных и отрицательных градаций $\Delta \Sigma T$ одинаковы.

Величина пределов a_{qi} принималась равной:

$a_{q1,7} = \pm 1,246$; $a_{q2,6} = \pm 0,676$; $a_{q3,5} = \pm 0,386$;
и $a_{q4} = 0,0$. Учитывая знак h_i , с помощью решающего правила изложенного в 6.4, можно составить прогноза $i+1$ градаций, где i — число линейных дискриминантных функций.

Используя функции h_1, h_3, h_5, h_7 составим пятифазовый прогноз $\Delta \Sigma T$ по схеме, приведенной на рис. 6.8. Ширина градаций $\Delta \Sigma T$ в этом случае около 110 °С. Коэффициенты линейных дискриминантных функций, рассчитанные для восходящей и нисходящей ветвей тренда, а также для всего ряда (1960–1983 гг.), приведены в табл. 7.6.

Как видно, средняя оправдываемость прогнозов, состав-

Таблица 7.6

Коэффициенты линейных дискриминантных функций, рассчитанные для разных периодов лет,
и оценка прогнозов сумм температур, составленных на их основе

| Период лет | № | Номер л.д.ф. | Коэффициенты л.д.ф. | | | | Оправдываемость альтернативных прогнозов | | Оправдываемость комплексных прогнозов | |
|------------------------------------|----|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|--|------|---------------------------------------|------|
| | | | C ₀ | f ₁ | f ₂ | f ₃ | P, % | ρ | P, % | ρ |
| | | | | | | | | | | |
| 1960-1976 (восходящая ветвь) | I | k ₁ | 0,03629 | 0,00147 | -0,00138 | -0,00368 | 60 | 0,20 | | |
| | 2 | k ₃ | 0,10257 | 0,00509 | -0,00501 | -0,00355 | 88 | 0,76 | | 0,48 |
| | 3 | k ₅ | 0,06009 | 0,00744 | -0,01148 | -0,01329 | 88 | 0,76 | 74 | |
| | 4 | k ₇ | -0,02541 | 0,00399 | -0,00760 | -0,00567 | 82 | 0,68 | | |
| 1960-1983 (весь ряд) | 5 | k ₁ | 0,025986 | 0,000955 | -0,00136 | -0,00145 | 60 | 0,20 | | |
| | 6 | k ₃ | 0,08303 | 0,00434 | 0,00045 | -0,00607 | 75 | 0,50 | | |
| | 7 | k ₅ | -0,00941 | 0,00708 | -0,00643 | -0,01577 | 83 | 0,66 | 65 | |
| | 8 | k ₇ | -0,03817 | 0,00311 | -0,00228 | -0,00097 | 75 | 0,50 | | 0,30 |
| 1975-1983 (нисходящая ветвь) | 9 | k ₁ | - | - | - | - | | | | |
| | 10 | k ₃ | 0,20802 | 0,00125 | 0,01558 | 0,02121 | 88 | 0,76 | | 0,56 |
| | 11 | k ₅ | -0,08307 | 0,00561 | -0,00205 | 0,01641 | 88 | 0,76 | 78 | |
| | 12 | k ₇ | 0,09780 | -0,00241 | 0,02390 | 0,04132 | 100 | 1,00 | | |

ленных отдельно для восходящего и нисходящего участков тренда на 9 и 13 % соответственно выше, чем оправдываемость прогнозов, составленных с помощью уравнений, рассчитанных для всего ряда лет.

В 7.1 было высказано предположение о том, что использование прогностических зависимостей, полученных на восходящем участке тренда при прогнозе сумм температур на нисходящем участке, приведет к снижению оправдываемости прогноза. Для проверки этого предположения были составлены прогнозы ΣT за 1975–1983 гг. на основе линейных дискриминантных функций № 1, 2, 3, 4, рассчитанных на восходящей ветви. Как показали расчеты, оправдываемость таких прогнозов составила 61 %, что на 17 % меньше оправдываемости прогнозов, составленных при помощи коэффициентов л.д.ф., рассчитанных на нисходящей ветви.

На наш взгляд, это подтверждает высказанное в 7.1 предположение, что одним из путей повышения оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды является учет естественных климатических флуктуации и дифференцированный подход при установлении прогностических зависимостей.

7.3.2. Долгосрочный прогноз типа распределения декадной температуры воздуха за вегетационный период

Ранее, в гл. 4 было рассмотрено типовое распределение декадной температуры воздуха за вегетационный период в различные по урожайности группы лет (рис. 4.9). Оказалось, что наибольшие различия в средних декадных температурных наблюдаются в первой половине лета, особенно, в июне. Следовательно, прогноз декадной температуры воздуха имеет важное

практическое значение в метеорологическом обеспечении рисоводства, кроме того, такие прогнозы могут быть использованы в динамических моделях продукционного процесса вместо климатических данных.

Для потребителя метеорологической информации важно получить ее с определенной заблаговременностью, достаточной для принятия хозяйственных решений. Одним из возможных путей увеличения заблаговременности прогноза декадной температуры воздуха является прогноз типа распределения декадной температуры, основанной на фазовом прогнозе ΣT . Используя, например, пятифазовый прогноз ΣT можно дать прогноз и одного из пяти типов распределения декадной температуры, соответствующего определенной градации сумм температур.

Прогноз типа распределения Φ составляется на основе пятифазового прогноза сумм температур по следующей схеме:

| Фазовый прогноз сумм температур | Прогноз типа распределения декадной температуры воздуха (номер кривой распределения на рис. 7.5) |
|---------------------------------|--|
| 1. Теплый год | I |
| 2. Выше нормы | II |
| 3. Около нормы | III |
| 4. Ниже нормы | IV |
| 5. Холодный год | V |

Для оценки прогноза типа распределения Φ были оценены прогностические и фактические кривые распределения Φ по трем основным станциям, расположенным по зоне рисосеяния - Новосельское, Астраханка, Халкидон.

Оценка прогноза Φ осуществлялась согласно Наставлению по службе прогноза [132] с помощью показателя К. Ока-

залось, что на зависимой выборке (1960–1976 гг.) прогноз типа распределения \mathcal{D} за весь вегетационный период имеет оправдываемость от 0,60 (ГМС Халкидон) до 0,88 (ГМС Астраханка). На независимой выборке (1984–1987 гг.) величина этой оценки составила 0,65 (ГМС Халкидон, Астраханка) и 0,79 (ГМС Новосельское).

Оценка прогноза температуры за отдельные декады показала, что наилучшим образом ($K = 0,90$) оправдываются прогнозы на третью декаду июня.

Рассмотрим пример составления прогноза сумм температур и типа распределения декадной температуры воздуха на независимом материале – на 1988 г. для ГМС Новосельское.

Прогноз суммы температур выше 10°C по аналогии с прогнозом урожайности риса будет определяться как слагаемое двух прогнозов: климатического (прогноз тренда) и прогноза аномалии ΣT .

Прогноз тренда может быть дан двумя способами: по уравнениям 7.4 и 7.5.

Максимум полинома третьей степени, аппроксимирующего тренд ΣT на области определения 1950–1983 гг., отмечен в 1974 г. Поскольку для определения второй производной необходимы данные в момент времени $t + 2$, то считаем началом следующего климатического цикла 1977 г. и присваиваем ему номер I ($t = 1$). Прогноз тренда на 1988 г., где $t = 12$ рассчитываем по 7.4.

$$\Sigma T_{\text{тр. 1988}} = -86 + 366 - 384 + 2650 = 2546^{\circ}\text{C}.$$

Во втором случае $\Sigma T_{\text{тр. 1988}}$ г. определяется по 7.5, т.е. по формуле, рассчитанной для восходящей ветви тренда. Так как по расчетам по 7.4 минимум тренда прогнозировался на 1984 г. (2530°C), то с этого года начинается новая вос-

ходящая ветвь тренда, аппроксимированная прямой, которая будет рассчитываться по (7.5). Прогноз тренда ΣT на 1988 г. ($t = 5$) равен:

$$\Sigma T_{\text{тр. 1988}} = 12,19 \cdot 5 + 2479 = 2540 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Различия в расчетах по (7.4) и (7.5) составили всего $6 \text{ } ^\circ\text{C}$ или около 4% .

На следующем этапе прогнозируем аномалию $\Delta \Sigma T$. Для этого рассчитываем линейные дискриминантные функции L_i ($i = 1, 3, 5, 7$) по прогностическим уравнениям, полученным на восходящем участке тренда (табл. 7.6), с помощью решающего правила осуществим комплексирование и составим фазовый прогноз, а затем количественный. Воспользуемся прогностической схемой с двумя предикторами: аномалией комплексного показателя циркумполярного вихря на N_{100} (ΔW_{XI}) и аномалией ледовитости Охотского моря в третьей декаде декабря (ΔS_{XII}).

В ноябре 1987 г. $\Delta W_{XI} = 15$; ΔS в третьей декаде декабря = 3% . Значения L_i приведены в табл. 7.7. Поскольку $L_{1,3,5}$ больше 0, а $L_7 < 0$, то согласно правилу комплексирования (см. 6.4) составляется фазовый прогноз $\Delta \Sigma T$ с заблаговременностью 5 месяцев - "Выше тренда". Количественный прогноз $\Delta \Sigma T$ составляем, ориентируясь на середину градации 55 - 190 $^\circ\text{C}$, т.е. $\Delta \Sigma T = + 125 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Прогноз ΣT с заблаговременностью 5 месяцев на 1988 г. по ГМС Новосельское: 2665 $^\circ\text{C}$.

Уточнение прогноза составляем с заблаговременностью 2 месяца при помощи расчетной схемы, где в качестве предикторов используются ΔW_{XI} и ΔW_{III} . Оказалось, что все $L_i > 0$. Следовательно, фазовый прогноз - "Теплый вегетационный период", количественный - 2730 $^\circ\text{C}$.

Таблица 7.7

Пример составления и оценка прогноза ΣT по Новосельскому на 1988 г. при помощи
нескольких линейных дискриминантных функций

| № | Линейные дискриминантные функции ($i = 1, 3, 5, 7$) | Оправ- дывае- мость % | k_i на 1988 г. | Фазовый прогноз ΣT °C | Количест- венный прогноз ΣT °C | Факти- ческая ΣT °C | Ошиб- ка прог- ноза °C |
|---|---|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | $L_1 = 0,09733 + 0,00329 \Delta W_{X1} + 0,00328 \Delta S_{XII}$ | 71 | 0,1565 | Выше | | | |
| 2 | $L_3 = 0,10344 + 0,00521 \Delta W_{X1} - 0,00874 \Delta S_{XII}$ | 84 | 0,1554 | тренда, | 2665 | 2720 | 55 |
| 3 | $L_5 = 0,06631 + 0,00834 \Delta W_{X1} - 0,03590 \Delta S_{XII}$ | 94 | 0,0871 | 125 | | | |
| 4 | $L_7 = 0,03129 + 0,00722 \Delta W_{X1} - 0,039208 \Delta S_{XII}$ | 77 | -0,0080 | | | | |

Прогноз типа распределения декадной температуры воздуха, как было указано, составляется на основе фазового прогноза сумм температур, т.е. первоначально (с заблаговременностью 5 месяцев) прогнозировался II тип распределения Φ , а с учетом уточнения (заблаговременность 2 месяца) – I тип (рис. 7.5).

Фактически ΣT в Новосельском за 1988 г. составила 2720 °С, ошибка прогноза ΣT – 10 °С.

7.4. Долгосрочный прогноз аномалий месячных сумм осадков, числа часов с осадками и индекса засушливости по Д.А. Педю

7.4.1. Долгосрочный прогноз аномалии средней месячной суммы осадков по зоне расосяния Приморского края

Методы прогноза аномалий месячного количества осадков по Дальнему Востоку и Восточной Сибири разработаны Г.В. Свиныховым [197], Т.И. Воробьевой [44] и др. авторами. В расчетных схемах используются различные предикторы, характеризующие особенности атмосферной циркуляции и теплового состояния подстилающей поверхности. Прогностические уравнения имеют вид уравнения множественной регрессии.

Прогнозируемая аномалия месячной суммы осадков, согласно Наставлению по службе прогнозов [132], указывается только тремя градациями: норма или около нормы, если сумма осадков находится в пределах от 80 до 120 %; меньше нормы, если ожидается дефицит осадков – менее 80 %; больше нормы (избыточное увлажнение) – более 120 %. Следовательно, прогноз осадков относится к трехфазовым прогнозам.

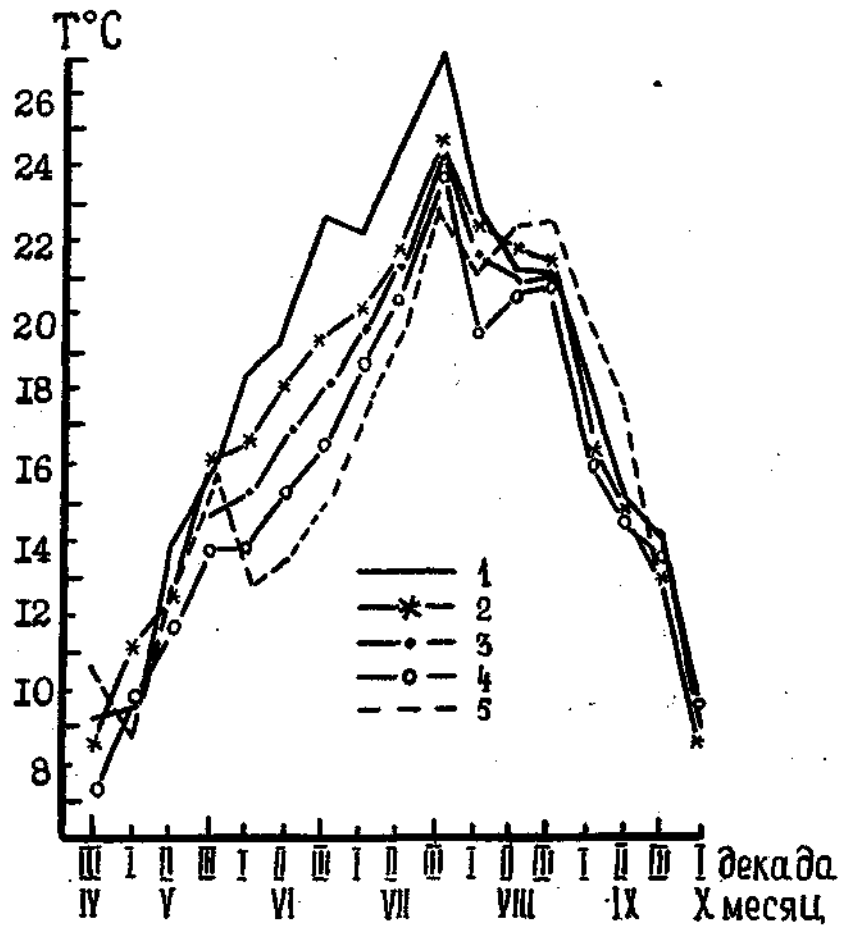


Рис. 7.5. Типовые кривые распределения декадной температуры воздуха по Новосельскому: 1 - теплый вегетационный период; 2 - выше нормы; 3 - норма; 4 - ниже нормы; 5 - холодный вегетационный период.

Согласно схеме комплексирования прогнозов (рис. 6.7) трехфазовый прогноз можно составить с помощью двух линейных дискриминантных функций. Первая из них делит исходную выборку на два класса: месячные суммы осадков более 120 % и менее 120 %, вторая также подразделяет выборку на два класса, но количественный критерий аномалии месячных сумм осадков здесь равен 80 %.

Построение расчетных схем для прогноза месячных сумм осадков по основному сельскохозяйственному району Приморского края производилось из предложения, что процесс формирования, переноса и выпадения атмосферных осадков взаимосвязан с процессом формирования температурного режима и урожая риса и предопределен особенностями циркуляции атмосферы и теплового состояния морской подстилающей поверхности в предыдущие месяцы [171, 175].

Возможный механизм формирования квазидвухлетней цикличности аномалий погоды и урожайности риса подробно рассмотрен в гл. 6.

Составлено несколько схем прогноза с двумя и тремя предикторами (табл. 7.8) для прогноза аномалии месячных сумм осадков в июне [170].

Таблица 7.8

Расчетные схемы прогноза аномалий месячной суммы осадков в июне

| № схемы | Предикторы | | | Заблаговременность прогностических схем (мес.) |
|------------|-----------------|----------------------------|------------------|--|
| | X_1 | X_2 | X_3 | |
| 1 | ΔW_{x1} | ΔS_{x11} | | 5 |
| 2 | ΔW_{x1} | ΔS_{x11} | ΔS_{x1} | 5 |
| 3 | ΔW_{x1} | $\Delta \Sigma M_{x1-III}$ | ΔS_{III} | 2 |
| 4 | ΔW_{x1} | ΔW_{III} | | 2 |
| 5 | ΔW_{x1} | $\Delta \Sigma M_{x1-III}$ | ΔW_{III} | 2 |

Результаты авторской проверки способа прогноза на зависимой (1960–1983 гг.) и на независимой (1984–1987 гг.) выборках приведены в табл. 7.9. Оценка прогнозов производилась по [132].

В среднем по краю несколько лучшую оправдываемость (72 %) на зависимом материале имеют прогнозы с двухмесячной заблаговременностью, на независимой выборке лучше оправдались прогнозы с заблаговременностью 5 месяцев (80 %).

Для обеих схем характерна более высокая оправдываемость прогнозов на независимой выборке, что свидетельствует, на наш взгляд, об устойчивости выявленных прогностических зависимостей и является подтверждением изложенной в главе 6 качественно-физической модели квазидвухлетней цикличности аномалий погоды на юге Дальнего Востока.

Рассмотрим пример составления прогноза аномалии месячной суммы осадков на июнь 1988 г. Прогнозирование ΔR с пятимесячной заблаговременностью осуществляется по первой или второй схеме: $\Delta W_H = 15$ ус. ед.; $\Delta Z_H = -6$ дней; $\Delta S_q = 1$ %. Затем рассчитываются л.д.ф. L_1 и L_2 . Например, для ГМС Яковлевка $L_1 > 0$, $L_2 < 0$; для ГМС Астраханка - и $L_2 < 0$. Согласно правилам комплексирования для первой ГМС прогноз аномалии осадков на июнь 1988 г. - "около нормы", для второй - "меньше нормы".

Прогноз уточняется с двухмесячной заблаговременностью, используются прогностические схемы 3–5 (табл. 7.8). Например, для Яковлевки прогноз ΔR с двухмесячной заблаговременностью - "меньше нормы" (L_1 и $L_2 < 0$); для Астраханки - "больше нормы" (L_1 и $L_2 > 0$).

В тех случаях, когда знаки аномалий ΔR , рассчитанных с пятимесячной и двухмесячной заблаговременностью сов-

Таблица 7.9

Оправдываемость (%) комплексного прогноза месячной суммы осадков за июнь на зависимой (1960-1983 гг.) и независимой (1984-1988 гг.) выборках

| № | Гидрометеорологические станции | Заблаговременность 5 месяцев, схема № 1 | | | Заблаговременность 2 месяца, схема № 4 | | | | |
|----|--------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| | | Зависимый ряд | | Независимый ряд, комплексный прогноз | Зависимый ряд | | Независимый ряд, комплексный прогноз | | |
| | | h ₁ | h ₂ | | Комплексный прогноз | h ₁ | | h ₂ | Комплексный прогноз |
| 1. | Пограничный | 65 | 62 | 65 | 70 | 77 | 65 | 74 | 80 |
| 2. | Агучино | 69 | 62 | 67 | 70 | 85 | 62 | 70 | 50 |
| 3. | Новосельское | 73 | 69 | 71 | 90 | 85 | 73 | 79 | 70 |
| 4. | Яковлевка | 65 | 58 | 63 | 80 | 73 | 69 | 71 | 60 |
| 5. | Малкидон | 69 | 69 | 69 | 90 | 81 | 69 | 75 | 90 |
| 6. | Астраханка | 81 | 69 | 77 | 80 | 73 | 73 | 73 | 80 |
| 7. | Кировский | 77 | 73 | 79 | 70 | 69 | 65 | 67 | 80 |
| 8. | Дальнереченск | 73 | 65 | 69 | 70 | 65 | 69 | 67 | 90 |
| 9. | Тимирязевский | 62 | 69 | 69 | 100 | 73 | 69 | 70 | 100 |
| | Среднее | | | 70 | 80 | | | 72 | 78 |

падают, то в текст прогноза – уточнения оставляют общую формулировку. Если же прогнозируются аномалии смежных или противоположных градаций ΔR , то при составлении окончательного прогноза следует пользоваться правилами динамического комплексирования, приведенными в табл. 7.10.

Таблица 7.10

Схема составления объединенного (комплексного) прогноза аномалии средней месячной суммы осадков на июнь

| № | Знак аномалии с 5-ти месячной заблаговременностью ΔR | Знак аномалии с нулевой заблаговременностью ΔR | Объединенный прогноз ΔR |
|---|--|--|---------------------------------|
| 1 | + | 0 | 0 |
| 2 | - | 0 | - |
| 3 | + | - | 0 |
| 4 | - | + | 0 |
| 5 | 0 | - | - |
| 6 | 0 | + | 0 |

Примечание: знак "+" обозначает избыток осадков; "0" – норма осадков и "-" – дефицит осадков.

Следуя приведенным в табл. 7.10 правилам, окончательный прогноз ΔR на июнь 1988 г. для ГМС Яковлевка – "меньше нормы", для ГМС Астраханка – "около нормы". Фактическая сумма осадков в июне 1988 г. по первой станции составила 65 мм (меньше нормы), по второй – 75 мм (около нормы). Прогнозы ΔR с пятимесячной заблаговременностью на обеих станциях оправдались, согласно [132], на 50 %, с двухмесячной заблаговременностью – на одной ГМС (Яковлевка) на 100 %, на второй – на 50 %. Комплексный (объединенный) прогноз оправдался в обоих случаях на 100 %.

Прием комплексирования прогнозов с различной заблаговременностью, по разработанным правилам, позволяет в среднем улучшить оправдываемость прогноза ΔR на 5-8 % [170, 175].

7.4.2. Долгосрочный прогноз аномалии среднего месячного количества часов с осадками

Ранее (гл. 4) было показано, что наиболее тесные связи отмечены между числом часов с осадками и урожайностью риса, чем между количеством осадков и последней. Следовательно, прогноз аномалий числа часов с осадками имеет не менее важную роль, чем прогноз аномалий месячных сумм осадков.

Нам не удалось обнаружить в литературных источниках методов прогноза числа часов с осадками или их аномалий, но прогноз таких метеорологических характеристик имеет важное практическое значение, особенно для тех отраслей народного хозяйства, производственная деятельность которых связана с работой под открытым небом (сельское хозяйство, транспорт, строительство, погрузо-разгрузочные работы в портах [164, 176] и т.д.).

Рассмотрим результаты прогноза аномалии числа часов с осадками (ч.ч.о.) на примере ГМС Новосельское.

Среднее многолетнее число часов с осадками в июне в Новосельском равно 85 ч. По аналогии с прогнозом месячных сумм осадков составляем трехфазовый прогноз: если ч.ч.о. больше 102 ч - то формулировка прогноза имеет вид "Выше среднего многолетнего" или условно "Влажно"; если $65 \text{ ч} < \text{ч.ч.о.} \leq 102 \text{ ч}$ - "Норма"; если ч.ч.о. менее 65 ч. - "Ниже среднего многолетнего" или условно "Сухо". В расчетных схемах использовались те же показатели, что и в схемах для прогноза месячного количества осадков. Например, для

июня наилучшие результаты были получены по первой схеме (заблаговременность 5 месяцев) и по второй (заблаговременность 2 месяца). Использовался линейный дискриминантный анализ, оправдываемость прогнозов ч.ч.о. на июнь довольно высокая - 73-77 % на зависимой (1960-1983 гг.) и 63-75 % на независимой (1984-1987 гг.) выборках.

Рассмотрим пример составления прогноза числа часов осадков в июне в Новосельском по первой схеме на 1984 и 1987 гг. Прогностические уравнения имеют следующий вид

$$L_1 = -0,0701 - 0,0213 \Delta W_{XI} - 0,1216 \Delta Z_{XI} + 0,0232 \Delta S_{XII} ,$$

$$L_2 = -0,0317 - 0,0378 \Delta W_{XI} - 0,0184 \Delta Z_{XI} + 0,0664 \Delta S_{XII} .$$

Количественные значения предикторов равны: $\Delta W_{XI, 1984} = -80$, $\Delta Z_{XI, 1984} = -2$, $\Delta S_{XII, 1984} = -7$; $\Delta W_{XI, 1987} = 160$, $\Delta Z_{XI, 1987} = 3$, $\Delta S_{XII, 1987} = -6$.

Первая и вторая линейные дискриминантные функции для прогноза на 1984 г. больше 0, согласно решающему правилу составляется прогноз "Число часов с осадками больше нормы". Для 1987 г. L_1 и L_2 меньше 0, следовательно составляется прогноз "Число часов с осадками ниже нормы".



Фактически число часов с осадками в июне в Новосельском в 1984 г. составило 135, а в 1987 г. - 55 ч. Следовательно, прогноз ч.ч.о. в эти годы на независимой выборке оправдался на 100 %.

Надеемся, что такие прогнозы найдут своего потребителя не только в рисоводстве (например, для прогноза пирику-

ляриоза риса), но и в других отраслях народного хозяйства при планировании и принятии хозяйственных решений.

7.4.3. Прогноз индекса засушливости по Д.А. Педю (S_i)

Важное практическое значение имеет и прогноз комплексной средней месячной характеристики – индекса засушливости S_i .

Прогноз S_i можно составить при помощи пяти линейных дискриминантных функций, которые разделяет вектор $\{x_1, x_2, x_3\}$ на шесть областей: $S_i < -3,0$; $S_i < -2,0$; $S_i < -1,0$; $S_i > 1,0$, $S_i > 2,0$ и $S_i > 3,0$. Затем в зависимости от сочетания знаков линейных дискриминантных функций составлялся прогноз S_i . Использовались схемы с заблаговременностью 5 и 2 месяца, оправдываемость первой составила на зависимой выборке (1960–1983 гг.) 76 %, второй – 72 %, на независимой соответственно 80 и 86 %.

Рассмотрим пример составления прогноза S_i на 1985 г. для Новосельского по расчетной схеме, учитывающей два предиктора: $\Delta W_{XI} (-20)$ и $\Delta W_{III} (-17)$. Первоначально рассчитываем последовательно L_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$):

$$L_1 = 0,013875 + 0,000922 \Delta W_{XI} - 0,000427 \Delta W_{III} = 0,00269;$$

$$L_2 = 0,033667 + 0,001878 \Delta W_{XI} - 0,000622 \Delta W_{III} = 0,00668;$$

$$L_3 = 0,068244 + 0,003232 \Delta W_{XI} - 0,000920 \Delta W_{III} = 0,01900;$$

$$L_4 = 0,015013 + 0,003679 \Delta W_{XI} + 0,000727 \Delta W_{III} = -0,07090;$$

$$L_5 = -0,023417 + 0,000407 \Delta W_{XI} + 0,000427 \Delta W_{III} = -0,03880.$$

Составляем комплексный прогноз S_i с помощью решающего правила (рис. 6.7). Прогноз S_i на 1985 г. – "Около нормы", $S_i \pm 1,0$, фактически S_i в июне в Новосельском

в 1985 г. равно 0,87.

Оправдываемость прогноза S_i по девяти станциям, расположенным по основному сельскохозяйственному району Приморского края — Приханкайской низменности, составила в среднем 80 %.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Высказана и реализована на примере прогноза аномалий средней месячной температуры воздуха и сумм температур выше 10°C . гипотеза о том, что одним из возможных путей повышения качества долгосрочного прогнозирования погоды является учет естественных долгопериодных колебаний климата (климатических флуктуаций).

Поскольку разработанный комплексный метод прогноза основан на учете климатических флуктуаций и особенностей атмосферной циркуляции, то он получил название синоптико-климатического метода прогноза.

2. Прогнозы средней месячной температуры воздуха на июнь, составленные на основе комплексного синоптико-климатического метода, имеют более высокую оправдываемость на независимой выборке (1985–1988 гг.), чем другие методические прогнозы. Это повышение составляет по Р 22–25 %; по К 24–34 %.

По ρ и Q авторский метод оценивается как хороший ($\rho > 0,58$; $Q < 1,0$).

3. Установлена зависимость между числом фаз (градаций) прогнозируемого элемента и информационным отношением. Пяти-, семифазовые прогнозы средней месячной температуры воздуха уменьшают климатическую энтропию более чем на 40 %.

4. Впервые разработан с заблаговременностью 5 месяцев, что значительно увеличивает его хозяйственное использование,

не только прогноз сумм температур выше 10°C за весь вегетационный период, но и прогноз типа распределения декадной температуры воздуха.

5. Разработанный метод прогноза аномалий месячных сумм осадков (на июнь) на основе линейного дискриминантного анализа и специальных правил динамического комплексирования, учитывающих климатическую вероятность осуществления градаций (фаз) ΔR , позволил получить прогнозы, оправдываемость которых на 10–12 % выше официального метода. Авторский метод прогноза ΔR на июнь внедрен в практику гидрометеорологического обеспечения в Приморском гидрометцентре.

6. Впервые разработан способ прогноза аномалий числа часов с осадками на различные временные интервалы вегетационного периода (май–июнь, июнь, май–сентябрь) с заблаговременностью 5 и 2 месяцев. Составлены правила динамического комплексирования с учетом климатической вероятности осуществления различных градаций ΔR . Метод прогноза прошел производственные испытания (1988–1990 гг.) и решением Центральной методической комиссии рекомендован к использованию в оперативной практике в Приморском гидрометцентре.

7. Результаты оценки прогнозов погоды, разработанных на основе комплексного синоптико-климатического метода с учетом качественно-физической модели квазидвухлетней цикличности аномалий погоды и урожайности риса на юге Дальнего Востока, свидетельствуют о целесообразности высказанной гипотезы и о перспективности исследований в этой области.

ГЛАВА 8. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ В РИСОВОДСТВЕ

8.1. Методы выбора оптимальных стратегий в рисоводстве на основе климатической информации

Важнейшими направлениями при использовании климатической информации в сельском хозяйстве являются реализация в производственной деятельности динамико-статистических оценок климата и отыскание климатологической оптимальной стратегии.

В главе 4 (табл. 4.12) приведены основные статистические характеристики сумм температур выше 10° ($\Sigma T^{\circ}C$) по зоне рисосеяния и показана динамика $\Sigma T^{\circ}C$ в высокоурожайные и в низкоурожайные годы (рис. 7.4). Установлено, что $\Sigma T^{\circ}C$ необходимые для формирования высокой урожайности риса в климатических условиях Приморья изменяются от 2740° (ГМС Анучино) до 2900° (Свягино). Соответственно низкая урожайность формируются при ΣT от 2260° до 2420° (Астраханка и Новосельское). Для отыскания климатологической оптимальной стратегии по непрерывной модели необходимо определить количественные критерии сумм температур, выше или ниже которых формируются высокие или низкие урожаи риса. При определении критерия для низкого урожая принималась максимальная сумма температур, при которой формировался низкий урожай. Соответственно за критерий высокого урожая была принята минимальная сумма температур, при которой был собран высокий урожай [160, 171, 173].

Значения критериев ΣT для $\begin{cases} \text{низкого урожая} \leq 2420^{\circ} \\ \text{высокого урожая} \geq 2740^{\circ} \end{cases}$

Практический интерес представляет климатическая обеспеченность высоких ($P_1, \%$) и низких ($P_2, \%$) урожаев (табл. 8.1), рассчитанная как отношение числа лет (n) с суммой температур выше 2740° (8.1) и ниже 2420° (8.2) к общему числу лет (N)

$$P_1 = \frac{n_{\Sigma T \geq 2740^{\circ} C}}{N}, \quad (8.1)$$

$$P_2 = \frac{n_{\Sigma T \leq 2420^{\circ} C}}{N}. \quad (8.2)$$

Как видно, из данных табл. 8.1 формирование низкой урожайности наименее вероятно (10–13 %) в КМР IV_Ю⁰ (рис. 5.6), в то время, как высокая урожайность в хозяйствах, расположенных на территории данного КМР, обеспечена в 33–40 % случаев. Для ГМС Пограничный, Хороль вероятности осуществления сумм температур, при которых формируются высокая и низкая урожайность равны, а для ГМС Астраханка, Новосельское, Яковлевка – они различаются незначительно. Наиболее неблагоприятное распределение P_1 и P_2 наблюдается в Анучине, где в два раза чаще осуществляются годы с низкими суммами температур.

Применительно к широкому кругу хозяйственных задач влияние климата на экономику описывается разностными функциями потерь, среди которых, как уже было указано в гл. I, наиболее распространенной является кусочно-линейная зависимость в виде

$$r(x, a) = \begin{cases} A_1(a-x) & \text{при } x \leq 2420^{\circ} C \\ A_2(x-a) & \text{при } x \geq 2740^{\circ} C, \end{cases}$$

Таблица 8.1

Средние многолетние ($\overline{\Sigma T}^{\circ C}$), климатологически оптимальные ($a_{кл}$) суммы температур и соответствующие $a_{кл}$ средние потери ($R_{кл}$) и экономический эффект ($\lambda_{кл}$)

| Гидрометеорологические станции | КМЦР | Параметры климатических характеристик | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------------------------------------|-----|-----------|-----------|------|--------------|----------|----------|----------|----------------|
| | | $\overline{\Sigma T}$ | b | $P_1, \%$ | $P_2, \%$ | k | $\varphi(t)$ | t_0, b | $a_{кл}$ | $R_{кл}$ | $\lambda_{кл}$ |
| 1. Астраханка | II ^a | 2605 | 172 | 25 | 21 | 0,84 | 0,043 | 19 | 2614 | 31,3 | 0,01 |
| 2. Пограничный | II ^b | 2600 | 204 | 11 | 11 | 1,00 | 0,000 | 0 | 2600 | 37,5 | 0,00 |
| 3. Халкидон | III ^o | 2627 | 154 | 29 | 10 | 0,35 | 0,240 | 100 | 2727 | 24,3 | 0,19 |
| 4. Новосельское | IУ ^a | 2600 | 157 | 23 | 19 | 0,82 | 0,046 | 19 | 2619 | 26,1 | 0,01 |
| 5. Лесозаводск | IУ ^o | 2623 | 170 | 26 | 9 | 0,35 | 0,240 | 111 | 2734 | 19,3 | 0,19 |
| 6. Свягино | VI _ю | 2664 | 165 | 40 | 13 | 0,33 | 0,252 | 117 | 2781 | 27,2 | 0,22 |
| 7. Кировский | VI _р | 2654 | 152 | 33 | 10 | 0,31 | 0,260 | 108 | 2762 | 30,3 | 0,22 |
| 8. Анучино | Уб | 2539 | 154 | 15 | 31 | 2,07 | -0,170 | -68 | 2471 | 25,8 | 0,09 |
| 9. Яковлевка | У ^b | 2617 | 152 | 21 | 17 | 0,81 | 0,050 | 20 | 2637 | 22,9 | 0,01 |
| 10. Хороль | II ^o | 2598 | 164 | 21 | 21 | 1,00 | 0,000 | 0 | 2598 | 28,9 | 0,00 |

Примечание: $P_1, \%$ - вероятность осуществления $\Sigma T \geq 2740^{\circ}$, $P_2, \%$ - вероятность осуществления $\Sigma T \leq 2420$, k - отношение P_2 и P_1 , $\varphi(t)$ - табличный интеграл вероятности, t_0 - параметр сдвига, КМЦР - климатический микроподрайон по [233].

где A_1 и A_2 "веса" положительных и отрицательных отклонений, в данном случае вероятности сумм температур выше 2740° и ниже 2420° .

Для определения климатологически оптимальной стратегии ($a = a_{\text{кл}}$) воспользуемся выражением $a_{\text{кл}} = \bar{x} + t_0 b$, предварительно определив параметр сдвига t_0 по формуле

$$\varphi(t) = 0,5 \frac{1-k}{1+k},$$

где $k = \frac{A_1}{A_2}$, $t = \frac{a - \bar{x}}{b}$ (x - норма ΣT $^\circ\text{C}$), $\varphi(t)$ - табличный интеграл вероятности.

Например, для ГМС Свягино $\bar{x} = 2664^\circ$, интеграл вероятности $\varphi(t)$ равен.

$$\varphi(t) = 0,5 \frac{1 - 0,33}{1 + 0,33} = 0,2518.$$

Такому $\varphi(t)$ соответствует $t_0 = 0,71$. Следовательно, $a_{\text{кл}} = \bar{x} + t_0 b = 2664^\circ + 165^\circ \cdot 0,71 = 2664^\circ + 117^\circ = 2781^\circ$.

Аналогичные расчеты были произведены для остальных ГМС Приморья (табл. 8.1) Для определения значимости параметра сдвига t_0 , необходимо провести его сравнение с ошибкой среднего (Δ), определяемой по стандартной формуле

$$\Delta = \frac{b}{\sqrt{N-1}} = \frac{165}{\sqrt{48}},$$

N - длина исходной выборки ($N = 49$). Величина $t_0 b$ на большинстве станций превышает ошибку измерения в несколько раз, что также является важным аргументом в пользу ориентации, при определении климатологически оптимальной стратегии, на исправленные средние многолетние суммы температур.

Определим соответствующие $a_{\text{кл}}$ средние потери ($R_{\text{кл}}$) по (I.1) и оценим экономический эффект ($\lambda_{\text{кл}}$) при переходе от стратегии ориентации на норму к стратегии на оптимальную климатологическую норму ($a_{\text{кл}}$) (табл. 8.1). Как видно, выи-

грыш, который получается в результате применения климатологически оптимальной стратегии тем больше, чем значительнее различия в весовых коэффициентах A_1 и A_2 . Если одни отклонения имеют вероятность осуществления вдвое больше, чем другие ($k < 0,5$), то переход от ориентации на норму к принятию решений в расчете на оптимальное значение $a = a_{кл}$ приводит к снижению средних потерь примерно на 20 %. Понятно, что при $k = 1$, $\lambda_{кл} = 0$.

Данные табл. 8.1 могут быть использованы при разработке или корректировке схемы рационального размещения рисосеющих хозяйств с учетом климатических особенностей, исследуемой территории, а также для выбора климатологически оптимальной стратегии при определении нормы высева семян, сроков сева и др. агротехнических приемов.

Согласно [75] климатологически оптимальной ($S_{опт}$) считается стратегия, при которой предписываемое ею хозяйственное решение обеспечит достижение максимального урожая. Практически нахождение $S_{опт}$ сводится к перебору всевозможных вариантов хозяйственных решений d_j с последующим сопоставлением полученных конечных результатов. Поскольку основными, возделываемыми в Приморском крае сортами риса, являются Новосельский и Дальневосточный, то с практической точки зрения целесообразно определить климатологически оптимальные нормы высева семян, сроки сева. Для этого составляются матрицы средних урожаев риса по данным агрометпостов при различных нормах высева в зависимости от теплообеспеченности периода вегетации (табл. 8.2).

Для сорта Новосельский лучшие результаты по всем градациям сумм температур получают на посевах средней густоты

Таблица 8.2

Средние многолетние урожаи риса (т/га) в зависимости от теплообеспеченности вегетационного периода и нормы высева семян

| Сумма температур, °C | Норма высева семян, т/га | | |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | 0,2-0,22 редкие | 0,23-0,24 средней густоты | 0,25-0,26 0,27-0,30 густые |

Сорт Новосельский

| | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|
| Более 2740 | 2,03 | 3,01 | 2,56 | 2,40 |
| От 2420 до 2740 | 2,29 | 2,54 | 2,52 | 2,50 |
| Менее 2420 | 1,90 | 2,01 | 1,53 | 0,85 |

Сорт Дальневосточный

| | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|
| Более 2740 | 3,18 | 2,90 | 2,62 | 2,15 |
| От 2420 до 2740 | 2,73 | 2,92 | 3,05 | 2,03 |
| Менее 2420 | 1,86 | 2,21 | 2,06 | 1,50 |

0,23-0,24 т/га. При низких суммах температур особенно не выгодно создавать густые посевы (0,26-0,30 т/га), так как урожаи в этом случае составляют всего 0,85 т/га. Для сорта Дальневосточный также лучшие результаты дает стратегия ориентирования на средние нормы высева семян, за исключением лет с $\Sigma T \geq 2740^\circ$, когда наибольшие урожаи получают на редких посевах. Таким образом, использование стратегии ориентации на высокие нормы высева семян для обоих сортов риса при любых суммах температур экономически не эффективно не только с точки зрения урожайности, но и с учетом себестоимости производства риса. Стоимость семян в структуре себестоимости производства риса по данным [211] составляет от 12,4 до 17,5 %.

Таким образом, климатологически оптимальным решением практически для всей зоны рисосеяния Приморского края является норма высева семян - 0,23-0,24 т/га. Низкие урожаи риса сорта Новосельский наиболее вероятны на редких посевах, а сорта Дальневосточный - на густых. Экономический эффект, получаемый от правильного планирования густоты посевов, можно увеличить, если отказаться от применения единых норм высева семян и перейти к их территориальной дифференциации в соответствии с распределением сумм температур.

Районирование климатологически оптимальной стратегии $S_{\text{опт}}$ произведено по формуле (1.1) (табл. 8.3 и 8.4). Для обоих сортов наибольшие по зоне рисосеяния, рассчитанные климатические урожаи при современном уровне агротехники, отмечаются в центральной части. В восточной и западной частях эти величины практически одинаковы. Из рассмотрен-

Таблица 8.3

Средние многолетние урожаи риса сорта Новосельский (т/га) по отдельным климатическим микрорайонам (КМР) в зависимости от нормы высева семян ($U_{кл}$)

| № | КМР | $U_{кл1}$ | | $U_{кл2}$ | | $U_{кл3}$ | | $U_{кл4}$ | |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| | | 0,20-0,22 | Средний урожай | 0,23-0,24 | Средний урожай | 0,25-0,26 | Средний урожай | 0,27-0,30 | Средний урожай |
| Западная часть зоны рассейяния | | | | | | | | | |
| 1. | II ^а | 2,14 | | 2,55 | | 2,32 | | 2,12 | |
| 2. | II ^в | 2,11 | | 2,40 | | 2,17 | | 1,88 | |
| 3. | II ^б | 2,18 | 2,14 | 2,57 | 2,54 | 2,38 | 2,32 | 2,25 | 2,12 |
| 4. | III ^б | 2,15 | | 2,63 | | 2,41 | | 2,25 | |
| Центральная часть зоны рассейяния | | | | | | | | | |
| 5. | IV ^а | 2,18 | | 2,53 | | 2,35 | | 2,18 | |
| 6. | IV ^б _в | 1,94 | 2,10 | 2,73 | 2,62 | 2,53 | 2,44 | 2,39 | 2,29 |
| 7. | IV ^б _с | 2,19 | | 2,61 | | 2,43 | | 2,31 | |
| Восточная часть зоны рассейяния | | | | | | | | | |
| 8. | V ^а | 2,15 | | 2,48 | | 2,31 | | 2,07 | |
| 9. | V ^б | 2,16 | 2,16 | 2,43 | 2,48 | 2,25 | 2,30 | 2,05 | 2,09 |
| 10. | V ^в | 2,26 | | 2,54 | | 2,34 | | 2,17 | |

Таблица 8.4

Средние многолетние урожаи риса сорта Дальневосточный по отдельным климатическим микроподрайонам (КМПР) в зависимости от нормы высева семян

| № | КМПР | Икл1 | | Икл2 | | Икл3 | | Икл4 | |
|--|------------------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| | | 0,20-0,22 | Средний урожай | 0,23-0,24 | Средний урожай | 0,25-0,26 | Средний урожай | 0,27-0,30 | Средний урожай |
| Западная часть зоны рисосеяния | | | | | | | | | |
| 1. | П ^а | 2,66 | | 2,79 | | 2,60 | | 2,07 | |
| 2. | П ^б | 2,71 | 2,65 | 2,84 | 2,79 | 2,73 | 2,62 | 2,07 | 2,07 |
| 3. | П ^в | 2,46 | | 2,67 | | 2,43 | | 2,06 | |
| 4. | Ш ^б | 2,77 | | 2,86 | | 2,71 | | 2,08 | |
| Центральная часть зоны рисосеяния | | | | | | | | | |
| 5. | IV ^а | 2,65 | | 2,82 | | 2,69 | | 2,06 | |
| 6. | IV ^б _в | 2,89 | 2,77 | 2,98 | 2,88 | 2,87 | 2,78 | 2,16 | 2,09 |
| 7. | IV ^б _с | 2,77 | | 2,87 | | 2,78 | | 2,07 | |
| Восточная часть зоны рисосеяния | | | | | | | | | |
| 8. | у ^а | 2,62 | | 2,78 | | 2,64 | | 2,06 | |
| 9. | у ^а | 2,52 | 2,60 | 2,74 | 2,77 | 2,60 | 2,64 | 2,05 | 2,06 |
| 10. | у ^в | 2,66 | | 2,80 | | 2,67 | | 2,06 | |

ных сортов риса наиболее урожайным является сорт Дальневосточный.

Погодные условия Приморского края характеризуются крайней неустойчивостью, особенно весной и в первой половине лета. С одной стороны, учитывая ограниченные теплоресурсы этой территории, необходимо производить посевы риса в ранние сроки, с другой стороны, наиболее благоприятные среднесуточные температуры в период посев-всходы должны находиться в пределах от II до IV⁰, что противоречит стратегии посева риса в ранние сроки. Выбор климатологически оптимальных сроков сева имеет важное практическое значение. В табл. 8.5 приведены сведения о средних многолетних урожаях по сортам для всей зоны рисосеяния в зависимости от сроков сева. При суммах температур выше 2420⁰ наибольшие урожаи сорта Новосельский получают на посевах, произведенных в период с 10 до 20 мая. В холодные годы ($\sum T$ 2420⁰) наиболее целесообразно производить посевы в более ранние сроки. Для сорта Дальневосточный установлены аналогичные зависимости.

Климатологически оптимальной стратегией, обеспечивающей получение наибольших урожаев риса практически по всем КМЦР зоны рисосеяния Приморья являются сроки сева во вторую декаду мая.

В табл. 8.6 и 8.7 приведены сведения о рассчитанных климатических урожаях в различных микроподрайонах зоны рисосеяния Приморского края в зависимости от сроков сева для основных сортов риса.

Таблица 8.5

Средние многолетние урожаи риса (т/га) в зависимости
от теплообеспеченности вегетационного периода и
сроков сева

| Сумма температур, °С | Сроки сева | | |
|----------------------|------------|-----------|-----------|
| | I-10 мая | II-20 мая | 2I-3I мая |

Сорт Новосельский

| | | | |
|----------------------|------|------|------|
| Более 2740° | 2,53 | 2,82 | 2,50 |
| От 2420° до 2740° | 1,80 | 2,66 | 2,42 |
| Менее 2420° | 2,46 | 1,91 | 1,36 |

Сорт Дальневосточный

| | | | |
|----------------------|------|------|------|
| Более 2740° | 2,50 | 2,71 | 2,50 |
| От 2420° до 2740° | 2,03 | 3,08 | 2,88 |
| Менее 2420° | 2,22 | 2,18 | 1,62 |

Таблица 8.6

Рассчитанная урожайность $U_{кл}$ (т/га) риса сорта Новосельский по климатическим микрорайонам (КМР) в зависимости от сроков сева

| № | КМР | $U_{кл1}$ | | $U_{кл2}$ | | $U_{кл3}$ | |
|-----------------------------------|------------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | | Сроки сева I-10 мая | Средний урожай | Сроки сева II-20 мая | Средний урожай | Сроки сева 2I-3I мая | Средний урожай |
| Западная часть рисосеяния | | | | | | | |
| 1. | II ^a | 2,14 | 2,12 | 2,54 | 2,54 | 2,21 | 2,21 |
| 2. | II ^b | 2,07 | | 2,60 | | 2,29 | |
| 3. | II ^a | 2,13 | | 2,41 | | 2,03 | |
| 4. | III ^b | 2,15 | | 2,62 | | 2,32 | |
| Центральная часть зоны рисосеяния | | | | | | | |
| 5. | IV ^o | 2,05 | 2,09 | 2,55 | 2,63 | 2,24 | 2,34 |
| 6. | IV ^b | 2,18 | | 2,73 | | 2,43 | |
| 7. | IV ^c | 2,06 | | 2,62 | | 2,34 | |
| Восточная часть зоны рисосеяния | | | | | | | |
| 8. | у ^a | 2,08 | 2,07 | 2,53 | 2,52 | 2,15 | 2,18 |
| 9. | у ^b | 2,03 | | 2,48 | | 2,15 | |
| 10. | у ^b | 2,09 | | 2,55 | | 2,24 | |

Таблица 8.7

Рассчитанная урожайность $U_{кл}$ (т/га) риса сорта Дальневосточный по климатическим микроподрайонам (КМПР) в зависимости от сроков сева

| № | КМПР | $U_{кл1}$ | | $U_{кл2}$ | | $U_{кл3}$ | |
|-----------------------------------|--------|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| | | Сроки сева I-10 мая | Средний урожай | Сроки сева 11-20 мая | Средний урожай | Сроки сева 21-31 мая | Средний урожай |
| Западная часть зоны рисосеяния | | | | | | | |
| 1. | $П^a$ | 2,21 | 2,19 | 2,78 | 2,79 | 2,51 | 2,56 |
| 2. | $П^б$ | 2,17 | | 2,87 | | 2,62 | |
| 3. | $П^в$ | 2,16 | | 2,71 | | 2,51 | |
| 4. | $Ш^a$ | 2,23 | | 2,83 | | 2,59 | |
| Центральная часть зоны рисосеяния | | | | | | | |
| 5. | IV^a | 2,10 | 2,18 | 2,85 | 2,91 | 2,58 | 2,66 |
| 6. | $IV^б$ | 2,28 | | 2,99 | | 2,74 | |
| 7. | $IV^с$ | 2,17 | | 2,89 | | 2,65 | |
| Восточная часть зоны рисосеяния | | | | | | | |
| 8. | $У^a$ | 2,15 | 2,15 | 2,83 | 2,82 | 2,53 | 2,53 |
| 9. | $У^б$ | 2,12 | | 2,81 | | 2,52 | |
| 10. | $У^в$ | 2,17 | | 2,83 | | 2,56 | |

8.2. Метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса

Известно, что научная и практическая значимость прогноза урожайности сельскохозяйственных культур зависит от их заблаговременности и точности. В свою очередь заблаговременность прогноза определяет и круг его потребителей, например, для плановых органов большой интерес представляют прогнозы на 5-10 лет и более. Основной задачей таких прогнозов является предсказание динамики урожайности с учетом роста культуры земледелия и возможных климатических изменений в будущем. Эта задача решается в основном путем экстраполяции тенденций трендовых составляющих урожайности, которые сложились в ее динамике в годы, предшествующие расчету прогноза [108] .

В гл. 3 показано, что наилучшим образом трендовая составляющая урожайности риса аппроксимируется полиномом третьей степени. В этом случае урожай можно представить функцией времени

$$y = y(t). \quad (8.3)$$

В математике широкий круг задач составляют экстремальные задачи, в которых требуется найти значения параметров или функций, реализующих максимум или минимум некоторой зависящей от них величины [107] . Решить задачу сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса можно и с помощью теории максимумов и минимумов [162] .

Действительная функция $y(t)$, определенная при $t = t_0$, имеет в точке t_0 (локальный) максимум или (локальный) минимум $y(t_0)$, если существует такое положительное число δ , что

при всех $\Delta t = t - b$, для которых выполняется неравенство $0 < |\Delta t| < \delta$, и существует значение $y(b + \Delta t)$ соответственно

$$\Delta y \equiv y(b + \Delta t) - y(b) < 0$$

или

$$\Delta y \equiv y(b + \Delta t) - y(b) > 0.$$

Необходимым условием экстремума является условие наличия при $t = b$ первой производной y' , равной нулю, т.е.

$$y'(b) = 0. \quad (8.4)$$

Если в этой точке существует вторая производная y'' , то функция $y(t)$ имеет в точке b

$$\left. \begin{array}{l} \text{максимум при } y'(b) = 0 \text{ и } y''(b) < 0, \\ \text{минимум при } y'(b) = 0 \text{ и } y''(b) > 0. \end{array} \right\} \quad (8.5)$$

Условие (8.5) является достаточным. Функция $y(t)$ увеличивается, если $y'(t) > 0$, и уменьшается, если $y'(t) < 0$.

Здесь необходимо учесть некоторые свойства полиномов второй и третьей степени. Известно, что полином второй степени может иметь только один экстремум: максимум (*max*) или минимум (*min*), полином третьей степени — два экстремума (*max* и *min*). После достижения *max* функция быстро убывает и достигает первоначально нуля, а затем стремится к минус бесконечности. Данные обстоятельства ограничивают область использования указанных полиномов при определении функций. По-видимому, для прогноза как тенденции трендовой составляющей урожайности, так и ее распределения на 2–3 десятилетия (этот период соизмерим с периодом климатических колебаний) необходимо определить экстремумы полинома третьей степени, что позволит, с одной стороны, выявить полцикл

λ колебания урожайности, равный по временной шкале t расстоянию между максимумом и минимумом, т.е.

$$\lambda = N_{max} - N_{min},$$

где N_{max} и N_{min} — порядковые номера лет, когда отмечались экстремумы. С другой стороны, наличие max и min дает указание на возникновение тенденции к понижению или повышению уровня трендовой составляющей до достижения им следующего min или max . Причем выполнение условия $2\lambda = T$, где T — полный период цикличности, необязательно.

Если исследуемый полином третьей степени уже имел оба экстремума и его возможности для целей прогноза уже исчерпаны, то на следующий период лет, равный T , предполагается аналогичный ход трендовой составляющей. Коэффициенты полинома, полученные на обучающей выборке, будут использоваться в качестве прогностических значений. За обучающую выборку для каждого конкретного района принимался ряд лет с 1950 г. до периода $N_{max} + 2$ года по всей зоне расселения, кроме районов Украины, где были использованы данные с 1945 г. Предложенный прием, на наш взгляд, позволит описать цикличность урожайности с помощью разрывной функции $y(t)$, для которой изменяется область определения. Безусловно, существуют и другие способы выделения цикличности (периодичности) временных рядов, но для их реализации необходимы более длинные ряды, где бы отмечалось несколько экстремумов.

Рассмотрим данный метод долгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности E_t на примере нескольких районов расселения, расположенных в различных физико-географических условиях: в Краснодарском крае, Поволжье, Приморском крае, на Украине и в целом по РСФСР.

На первом этапе исследуем функцию $y(t)$, определим первую и вторую производные, рассчитанные с помощью метода конечных разностей по формулам

$$y'(t) = \frac{1}{2\Delta t} [y(t+\Delta t) - y(t-\Delta t)],$$

$$y''(t) = \frac{1}{4\Delta t^2} [y(t+2\Delta t) - 2y(t) + y(t-2\Delta t)],$$

где Δt - шаг по времени, $\Delta t = 1$; $y(t-\Delta t)$ и $y(t+\Delta t)$ - значения функции $y(t)$ в предшествующем и последующем годах.

Оказалось, что минимум аппроксимирующего полинома третьей степени по исследуемым районам рисосеяния наблюдался в первой половине 1950-х годов (табл. 8.8). Максимум $y(t)$ отмечен в начале, а на Дальнем Востоке - во второй половине 1970-х годов. В годы, последующие за максимумом, в ходе трендовой составляющей будет наблюдаться отрицательная тенденция.

Помимо качественного прогноза, составим и количественный прогноз E_t , который строится на предположении о сохранении характера распределения E_t на последующий отрезок времени, равный λ или T . Для того чтобы устранить разрывность функции, принимаем E_t в момент времени $+2\Delta t$, считая от времени наступления t_{max} за начало отсчета.

Проиллюстрируем изложенное, используя сведения об урожайности риса на Украине. Полином третьей степени, аппроксимирующий трендовую составляющую урожайности риса на Украине, на области определения за период 1945-1974 гг. рассчитывался по формуле

$$E_t = (-0,00145 t^3 + 0,0679 t^2 - 0,693 t + 2,9) \text{ т/га.}$$

Минимум E_t (0,87 т/га) отмечен в 1950 г. (рис. 8.1), максимум E_t (5,32 т/га) - в 1969 г., после чего трендовая составляющая будет плавно уменьшаться. Прогностические

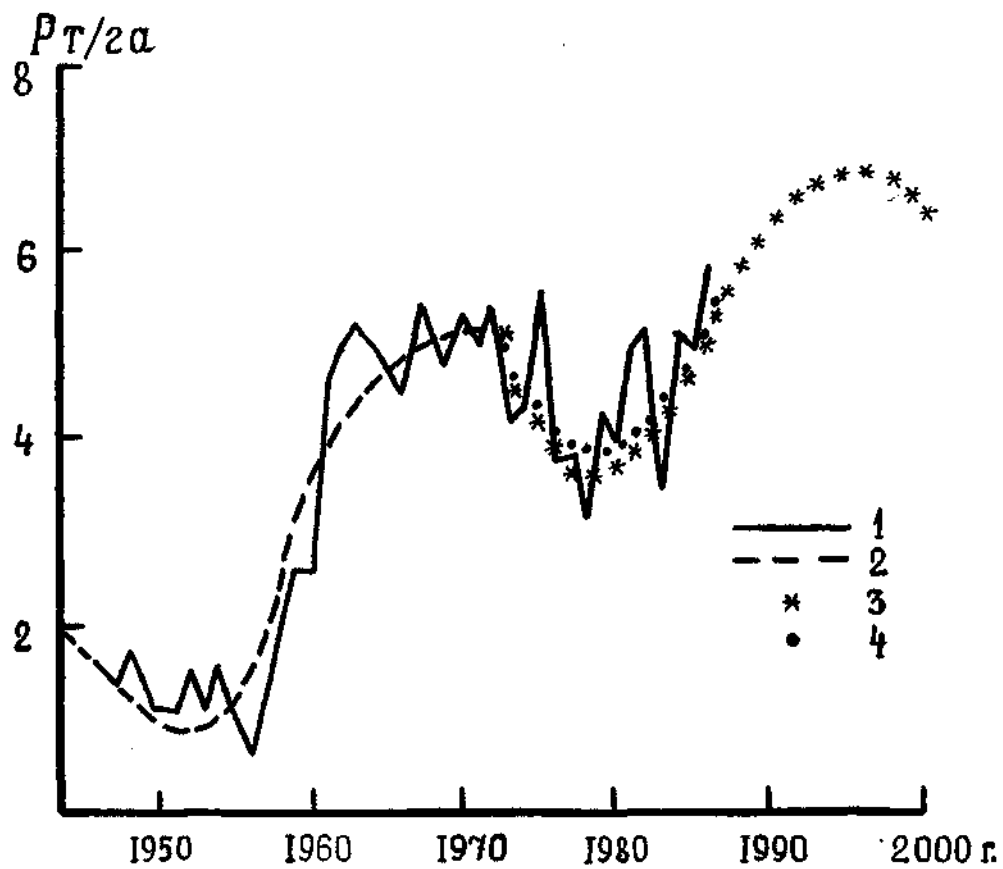


Рис. 8.1. Временной ход урожайности риса на Украине (1); трендовая составляющая урожайности, аппроксимированная полиномом третьей степени (2), рассчитанным за период 1945-1971 гг. (обучающая выборка); прогноз тренда на период 1972-2000 гг. (3); фактический тренд (4) за период 1972-1986 гг. (экзамен).

Таблица 8.8

Оценка оправдываемости сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности
риса E_3 за IX-XI пятилетки

| Район рисосе- яния | E_3^{min} год | E_3^{max} год | IX пятилетка | | | | | X пятилетка | | | | | XI пятилетка | | | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | | \bar{E}_3 | \bar{P}_Φ | ΔP_1 | ΔP_2 | ΔP_3 | \bar{E}_3 | \bar{P}_Φ | ΔP_1 | ΔP_2 | ΔP_3 | \bar{E}_3 | \bar{P}_Φ | ΔP_1 | ΔP_2 | ΔP_3 |
| РСФСР | 1953 | 1974 | | | | | | 3,70 | 3,71 | $\frac{-0,01}{99}$ | $\frac{0,60}{84}$ | $\frac{0,72}{81}$ | 3,83 | 3,64 | $\frac{0,19}{95}$ | $\frac{1,00}{73}$ | $\frac{1,23}{66}$ |
| Красно- дарский край | 1955 | 1974 | | | | | | 4,04 | 4,36 | $\frac{-0,32}{93}$ | $\frac{1,40}{68}$ | $\frac{0,72}{83}$ | 3,64 | 4,17 | $\frac{0,53}{87}$ | $\frac{2,63}{40}$ | $\frac{1,39}{68}$ |
| Украин- ская СССР | 1951 | 1970 | 4,20 | 4,79 | $\frac{0,59}{88}$ | $\frac{0,71}{85}$ | $\frac{0,67}{86}$ | 3,51 | 3,74 | $\frac{-0,23}{94}$ | $\frac{2,58}{31}$ | $\frac{2,46}{34}$ | 4,44 | 4,61 | $\frac{-0,17}{96}$ | $\frac{2,62}{43}$ | $\frac{2,47}{46}$ |
| Поволжье | 1954 | 1974 | | | | | | 2,91 | 3,09 | $\frac{-0,18}{94}$ | $\frac{0,48}{84}$ | $\frac{0,39}{87}$ | 2,78 | 3,33 | $\frac{-0,55}{83}$ | $\frac{0,76}{77}$ | $\frac{0,57}{83}$ |
| При- морье | 1953 | 1977 | | | | | | | | | | | 2,60 | 2,05 | $\frac{0,55}{73}$ | $\frac{1,18}{42}$ | $\frac{1,14}{44}$ |

Примечание: Условные обозначения: \bar{P}_Φ - фактический средний урожай за пятилетку, т/га; ΔP_1 - ошибка прогноза, $\bar{P}_\Phi - \bar{E}_{3,пр}$; ΔP_2 - ошибка прогноза, $\bar{P}_\Phi - \bar{E}_{2,пр}$; ΔP_3 - ошибка прогноза, $\bar{P}_\Phi - \bar{E}_{1,пр}$; в числителе ошибка ΔP_i в абсолютных значениях (т/га), в знаменателе - относительная ошибка, % (i = 1, 2, 3).

значения полинома третьей степени, аппроксимирующего трендовую составляющую урожайности риса на Украине. E_{np} на интервал времени от $N_{i,max} + 2\Delta t$ (1972 г.) до 1999 г., приведены в табл. 8.9. Как видно, по прогнозу минимум трендовой составляющей урожайности риса (3,43 т/га) на Украине предполагался в 1977 г. После прохождения минимума ожидается увеличение функции до максимума в середине 1990-х годов, при условии, что уровень культуры земледелия будет изменяться такими же темпами, как и за период 1945–1971 гг.

Таблица 8.9

Прогностические значения трендовой составляющей урожайности риса (т/га) на Украине на период с 1972 по 1999 гг.

| Год | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|
| 1970 | | | 4,84 | 4,34 | 3,96 | 3,68 | 3,51 | <u>3,43</u> | 3,44 | 3,52 |
| 1980 | 3,67 | 3,87 | 4,12 | 4,41 | 4,74 | 5,08 | 5,44 | 5,81 | 6,17 | 6,42 |
| 1990 | 6,74 | 7,04 | 7,30 | 7,51 | 7,67 | 7,76 | <u>7,78</u> | 7,71 | 7,71 | 7,30 |

Примечание: Подчеркнуты минимум и максимум E_{np} .

Для проверки прогноза трендовой составляющей, составленного по разработанному нами методу, были рассчитаны коэффициенты полинома третьей степени на области определения функции $y(t)$ за период 1972–1986 гг. по фактической урожайности E_t' (т/га)

$$E_t' = (0,0009 t^3 + 0,0078 t^2 - 0,284 t + 5,21).$$

Значения полинома E_t' по годам приведены в табл. 8.10

Как следует из данных, приведенных в табл. 8.9 и 8.10, различия между E_{np} и E_t' не превысили 0,59 т/га, что в среднем за 1972–1986 гг. составило 7,4 %. Если оценивать такие прогнозы по методике, где прогноз урожайности сель-

скохозяйственной культуры считается оправдавшимся при ошибке $\Delta < \pm 6$, то за рассматриваемый период все прогнозы оправдались, поскольку \bar{b} урожайности риса на Украине равно 1,05 т/га.

Таблица 8.10

Значения полинома третьей степени, аппроксимирующего трендовую составляющую урожайности риса на Украине, рассчитанные по фактическим урожаям (т/га) за период 1972–1986 гг.

| Год | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1970 | | | 4,94 | 4,68 | 4,45 | 4,26 | 4,10 | 3,98 | 3,92 | 3,90 |
| 1980 | 3,95 | 4,06 | 4,23 | 4,49 | 4,82 | 5,24 | 5,75 | | | |

Следует отметить, что длительность периода между наступлением \min и последующего за ним \max по исследуемым районам изменяется несущественно – от 20 лет на Украине до 25 лет в Приморском крае – и в среднем равна 22 годам. Согласно проведенным расчетам, второй минимум следовало ожидать в Краснодарском крае, Поволжье и в Приморье в первой половине 1980-г годов (1982–1983 гг.), а в целом по РСФСР – в 1979–1980 гг. Максимум $E_{пр}$ предполагается на Украине во второй половине 1990-х годов, а в остальных районах несколько позже – в начале и середине первого десятилетия XXI в.

Оценивать такие сверхдолгосрочные прогнозы, по-видимому, целесообразно за определенные промежутки времени, например, за пятилетки. Среднее за пятилетку значение трендовой составляющей, аппроксимированной полиномом третьей степени \bar{E}_3 , должно быть равно средней фактиче-

ской урожайности \bar{P}_φ за этот же промежуток времени. Результаты оценки сверхдолгосрочного прогноза E_t на независимом материале, за который был принят ряд лет от $N_{1max} + 2$ года до 1986 г., приведены в табл. 8.8. Ошибка прогноза $\Delta P_1 = \bar{P}_\varphi - \bar{E}_{3,пр}$ изменяется от 73 % (Приморье, XI пятилетка) до 99 % (РСФСР, X пятилетка). Для сравнения приведены также ошибки прогноза ΔP_2 и ΔP_3 , рассчитанные по формулам

$$\Delta P_2 = \bar{P}_\varphi - \bar{E}_{2,пр},$$

$$\Delta P_3 = \bar{P}_\varphi - \bar{E}_{1,пр},$$

где \bar{E}_2 и E_1 - средние за пятилетку значения тренда, аппроксимированные полиномами, второй и первой степени соответственно. Как видно (табл. 8.8), предложенный нами метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса имеет лучшую оправдываемость (до 60 %), чем другой метод, в котором тренд экстраполируется с помощью прямой либо полинома второй степени.

Использование полинома третьей степени, аппроксимирующего трендовую составляющую урожайности риса, в виде разрывной функции имеет, на наш взгляд, ряд достоинств, по сравнению с известными ранее методами оценки урожайности на перспективу. Во-первых предложенный подход позволяет в определенной мере учесть нелинейность тренда. Во-вторых, представляется возможным определить моменты времени, для которых $y(t)$ принимает минимум или максимум, что может быть использовано в первую очередь для прогноза изменения тенденции трендовой составляющей.

Приведенные результаты позволяют, на наш взгляд, рекомендовать предложенный метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожайности риса для диагноза и

прогноза урожайности и других сельскохозяйственных культур, имеющих нелинейные тренды.

8.3. Методика районирования территорий по степени устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур

Климатические и почвенные условия Приморского края разнообразны и, в основном, благоприятны для возделывания достаточно большого набора сельскохозяйственных культур [III]. Зерновые культуры представлены в крае яровой пшеницей, ячменем, овсом, рисом, гречихой. Важнейшей бобовой культурой является соя. Динамика посевных площадей и урожайность с/х культур за 1958–1979 гг. приведены в [III], пространственно-временная изменчивость урожайности – в [237].

Главными сельскохозяйственными культурами рисовых севооборотов являются: овес, ячмень, соя [124]. С помощью корреляционного анализа установлена прямая зависимость (r) между рисом, соей, гречихой (коэффициенты корреляции изменяются от 0,39 до 0,63), а также между овсом и ячменем ($r = -0,20$), соей и овсом ($r = -0,10$), гречихой и овсом, ячменем и всеми зернобобовыми (коэффициенты корреляции соответственно равны $-0,33$, $-0,08$, $-0,15$). Физический смысл полученных зависимостей становится понятным, если учесть агрометеорологические условия произрастания этих культур кратко изложенные в [III]. Однако следует отметить, что далеко не все приведенные коэффициенты корреляции статистически значимы.

Наличие прямых и обратных связей между "теплолюбивыми"

(рис, соя, гречиха) и "холоднустойчивыми" культурами дает возможность маневрирования в отдельные годы с целью получения максимально возможного валового сбора.

В [84] максимально устойчивый валовый сбор урожая предлагается определять с учетом коэффициентов вариации урожаев (C_v). Данный подход наряду с очевидными достоинствами имеет и недостаток. Может оказаться, что на некоторых территориях при низкой урожайности и незначительных по абсолютной величине средних квадратических отклонений (σ) коэффициенты вариации будут меньше, чем в районах или хозяйствах, где средние урожаи значительно выше. Для иллюстрации сказанного на рис. 8.2 приведены средние многолетние урожаи сои (рис. 8.2.I), средняя многолетняя урожайность в процентах к средней многолетней по краю (рис. 8.2.II) и коэффициенты вариации урожаев (рис. 8.2.III). Самые высокие средние многолетние урожаи (P более 0,7 т/га) собирают в области "г", самые низкие - (0,3 и менее т/га) в области "а". Наиболее стабильные урожаи сои (C менее 0,25) получают на юго-восточном побережье края (область "а" на рис. 8.2.IV). В то же время зона максимальных урожаев сои соответствуют коэффициенты вариации от 0,35 до 0,40.

Следовательно, наиболее устойчивые высокие урожаи сои будут на территории I^a (рис. 8.2.IV), которая определена путем наложения рис. 8.2.II и рис. 8.2.III при условии совпадения областей, где \bar{P} более 120 %, а C_v - минимален.

Таким образом, можно определить районы, а, следовательно, и посевные площади не только максимально устойчивых урожаев, но и максимально устойчивых высоких для дан-

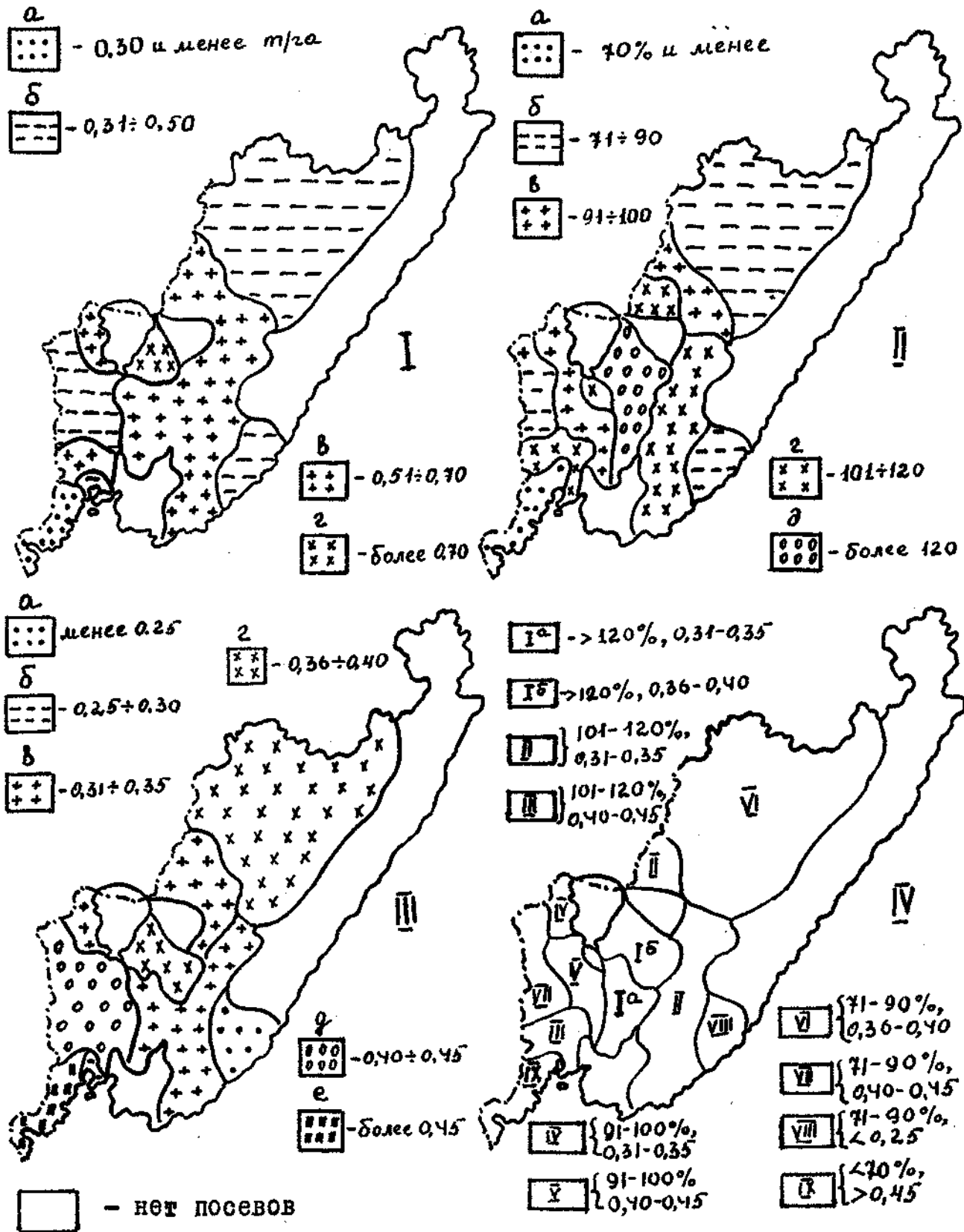
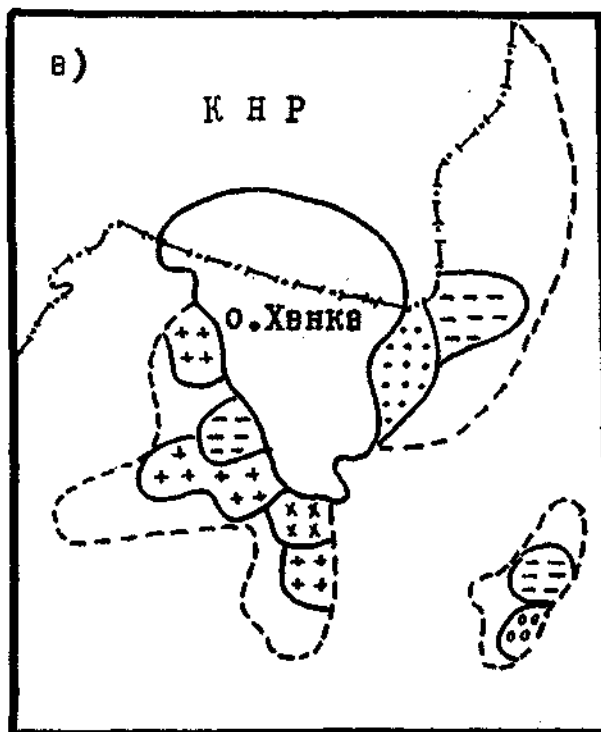
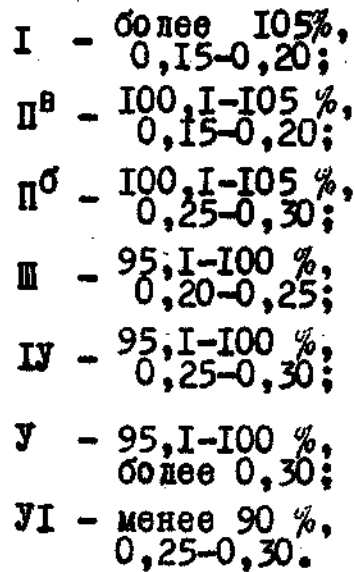
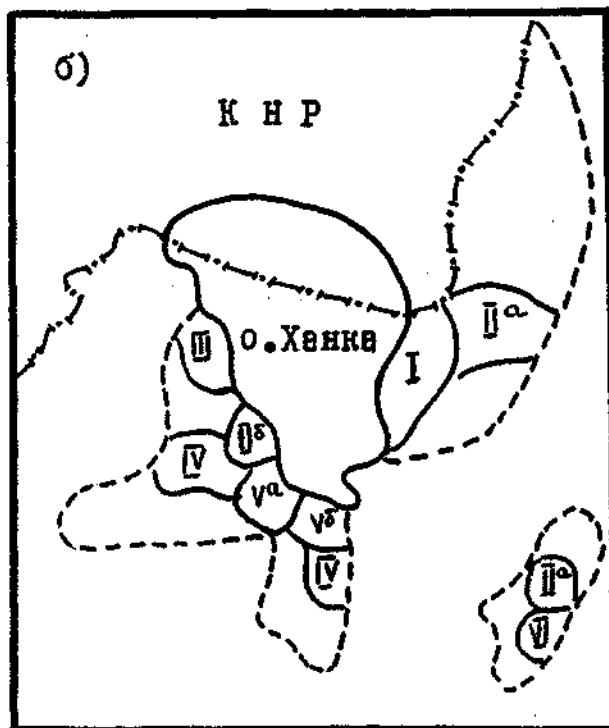
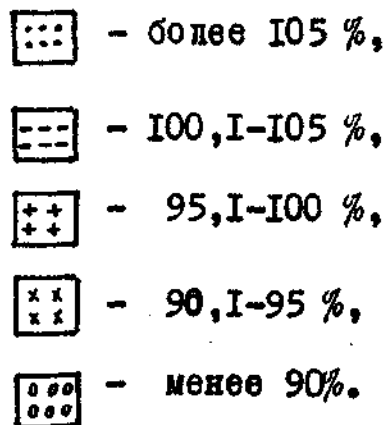


Рис. 8.2 Средняя многолетняя урожайность сои (I), её отношение (в %) к средней многолетней по краю (II), пространственное распределение коэффициента вариации (III), и схема районирования с учетом величины и устойчивости урожая сои.

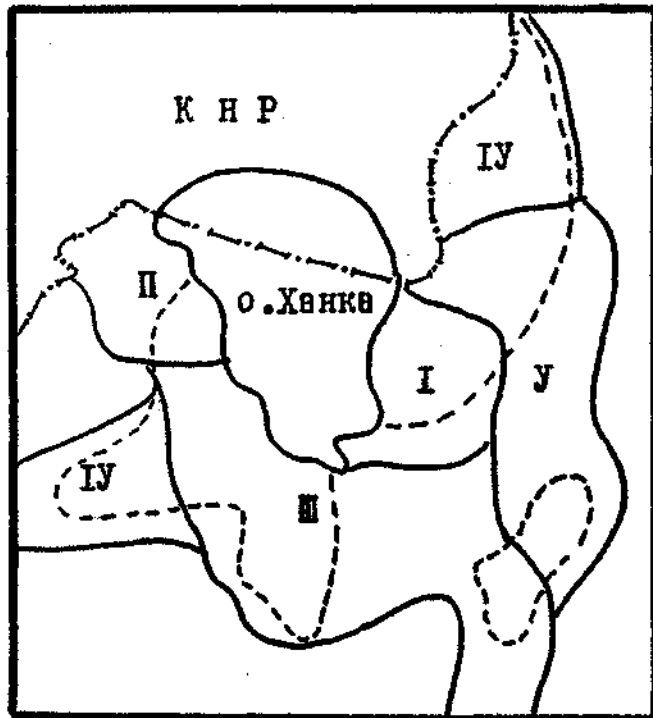


— — граница района,
 - - - - граница существующей и перспективной зоны рисосеяния Приморья,



(первая цифра у номера районов - р, вторая - C_v)

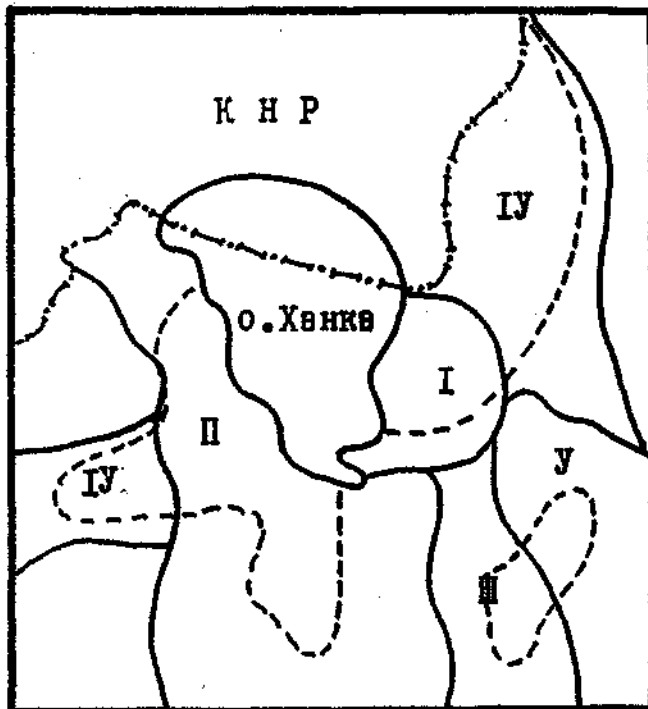
Рис. 8.3. Средняя многолетняя урожайность риса (р, %) по отношению к средней многолетней по краю (а) и схема районирования урожая риса по величине и коэффициенту вариации (C_v)(б).



- — граница района,
 - - - - граница существующей и перспективной зоны рисосеяния Приморья;
- I - II5, I-130%,
 менее 0,25;
 II - II5, I-130%,
 0,25-0,30;
 III - II5, I-130%,
 0,30-0,35;
 IV - 100, I-115%,
 0,30-0,35;
 V - 100, I-115%,
 0,35-0,40.

3/14

Схема районирования урожаев овса с учетом отношения средней многолетней урожайности к средней многолетней по $(p, \%)$ коэффициенту вариации (C_v)



- — граница района,
 - - - - граница существующей и перспективной зоны рисосеяния Приморья;
- I - более 120%,
 менее 0,25;
 II - 100, I-120%,
 0,30-0,35;
 III - 100, I-120%,
 0,35-0,40;
 IV - 80, I-100%,
 0,30-0,35;
 V - 80, I-100%,
 0,35-0,40;
- (первая цифра у номера района обозначает p ,
 вторая - C_v)

Рис. 8. 4. Схема районирования урожая ячменя с учетом отношения средней многолетней урожайности к средней многолетней по $(p, \%)$ и коэффициенту вариации (C_v).

ного региона урожаев конкретной сельскохозяйственной культуры, в данном случае - сои.

В настоящее время рис в Приморском крае выращивают в 12-ти специализированных хозяйствах, большинство из которых располагается вдоль побережья о. Ханка. Самые высокие средние многолетние урожаи риса (более 105 % по отношению к среднему многолетнему по краю) получают на территории восточного побережья о. Ханка (рис. 8.3а), самые низкие - в хозяйствах, расположенных вдоль среднего течения р. Арсеньевки (менее 90 %). Схема районирования урожая риса, выполненная по аналогии с районированием сои, приводится на рис. 8.3б. Как видно, наиболее устойчивые высокие урожаи риса собирают в области I, II^а, II^б, наиболее низкие и менее устойчивые - в областях У^б и УI.

Схемы районирования с учетом величины и устойчивости урожаев для овса и ячменя в рамках границ существующей и перспективной зоны рисосеяния даны на рис. 8.4 и 8.5 соответственно.

8.4. Методы оценки влияния климатических флуктуаций на экономические показатели рисоводческих хозяйств

Средняя урожайность риса за X пятилетку, когда наблюдались благоприятные климатические условия (см. гл. 4), составил 2,77 т/га, в то время как за XI пятилетку - 2,04 т/га. При рассмотрении урожаев за эти же периоды по отдельным хозяйствам (табл. 8.II) установлено, что средняя урожайность за XI пятилетку составила от 64 % (совхоз "им. 50-летия комсомола Приморья") до 83 % ("Аван-

Таблица 8. II

Основные производственно-экономические показатели
рисосеющих хозяйств в X и XI пятилетках

| № | Хозяйства | КМЦР | Урожай риса, т/га | | | Себестоимость, руб. | | | Прибыль, т. руб. | |
|-----|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|------|--------------------|------------------------|------|--------------------|---------------------|------|
| | | | X | XI | $\frac{XI}{X}$, % | X | XI | $\frac{XI}{X}$, % | X | XI |
| 1. | 50-летия комсомола Приморья | III ^a | 2,71 | 1,75 | 64 | 23,3 | 39,3 | 169 | 59 | -360 |
| 2. | Вадимовский* | III ^b | 2,76 | 1,81 | 66 | 22,7 | 35,9 | 158 | 101 | -428 |
| 3. | Луговой* | II ^a II ^b | - | 2,82 | - | - | 31,0 | - | - | 163 |
| 4. | Петрови- чанский* | III ^b | 2,21 | 2,00 | - | 24,9 | 34,1 | 137 | - | - |
| 5. | Новодеви- чанский | II ^a | 2,66 | 1,90 | 71 | 20,8 | 31,9 | 154 | 151 | 326 |
| 6. | 50-летия СССР | II ^a | 2,83 | 2,98 | 73 | 24,2 | 35,2 | 145 | 196 | -59 |
| 7. | Мельгунов- ский | II ^b | 2,92 | 2,37 | 81 | 24,5 | 37,6 | 153 | 349 | -212 |
| 8. | Авангард | I ^a | 2,53 | 2,09 | 83 | 28,1 | 40,2 | 143 | 233 | 42 |
| 9. | Ильинский* | I ^b | - | 2,66 | - | - | 29,6 | - | - | 132 |
| 10. | Жемчужный | У ^b | 2,78 | 1,89 | 68 | 23,4 | 41,9 | 179 | 345 | -33 |
| 11. | Корнилов- ский* | У ^a | 2,89 | 2,13 | 73 | 23,9 | 40,8 | 170 | 197 | -65 |
| 12. | Новосельский | IV ^a | 2,92 | 2,34 | 80 | 24,3 | 36,8 | 150 | 760 | -76 |
| 13. | Свягинский* | IV ^b _ю | - | 2,21 | - | - | 31,1 | - | - | 46 |
| 14. | Александров- ский* | -" | 2,89 | 1,97 | 68 | 26,2 | 37,1 | 142 | 31 | -96 |

Примечание: КМЦР - климатические микроподрайоны (рис. 5.6),
* - обозначения хозяйства, имеющие за исследуемый период посе-
вные площади менее 2000 га.

гард") урожайности за X пятилетку. В то же время себестоимость производства риса увеличилась в среднем в полтора раза. Это, естественно, привело к снижению прибыли в хозяйствах, а в среднем за XI пятилетку, за редким исключением, рисосеющие хозяйства несли убытки.

Увеличение себестоимости производства риса по [211] происходит, наряду с другими причинами, и за счет подорожания семян. Так, в структуре себестоимости производства риса, стоимость семян в 1978 г. составила 12,4 %, а в 1984 г. - 17,5 %. Причем себестоимость производства риса в 1984 г. после неурожайного 1983 г. в среднем по краю возросла на 5,12 руб. Анализ экономических показателей рисоводческих хозяйств проведен в ценах 1990 г. В настоящее время закупочные и розничные цены на рис увеличены в 2-3 раза.

Следующей причиной снижения урожайности и валового сбора риса в XI пятилетке являются ошибки планирования в размещении рисоводческих хозяйств. Например, в западной части зоны рисосеяния менее благоприятной по климатическим условиям [232, 233] сосредоточено около 69 % посевных площадей (рис. 5.6). Наиболее крупные хозяйства: "им. 50-летия комсомола Приморья" - 8,8 %, "Вадимовский" - 9,2 %, "Дуговой" - 4,6 %, "Новодевичанский" - 10,9 % введенные в строй в последние 10-15 лет располагаются в южных, но наиболее неблагоприятных почвенно-климатических условиях - КМР Ш^а, Ш^б, П^а. В то время, как в наиболее благоприятной центральной части располагаются всего несколько хозяйств с общей посевной под рис площадью в 8350 га (17,9 %).

Общий ущерб, нанесенный рисосеянию Приморья в XI пя-

тилетке в результате наблюдающейся в настоящее время климатической флуктуацией (ОУК) составил около 170410 тонн риса.

Расчет произведен по формуле

$$\text{ОУК} = 5 (\bar{S}_{x_i} \cdot \bar{\Delta P}) = 5 \cdot (44687 \text{ га} \cdot 0,73 \text{ т/га}) = 170410 \text{ т},$$

где \bar{S}_{x_i} - средняя годовая посевная площадь за 1981-1985 гг., $\bar{\Delta P}$ - разность между средней по краю урожайностью риса между X и XI пятилетками.

Снижение валового сбора урожая риса в XI пятилетке произошло также и потому, что в хозяйствах, расположенных в КМР Ш^а и П^а почвы преимущественно торфянистые. Как показали проведенные нами исследования, такие почвы характеризуются крайне неблагоприятным температурным режимом, особенно в холодные годы [229]. Средние урожай в этих хозяйствах за 1981 и 1983 гг. составили всего 1,4 т/га, в то время как в хозяйствах, расположенных в наиболее благоприятной центральной части зоны рисосеяния - 1,9 т/га. Следовательно, если бы на уровне планирования размещения рисосеющих хозяйств или хотя бы определении первой очереди строительства, помимо фактора близости к бассейну о. Ханка, учитывались степень благоприятствования климатических условий для возделывания риса и их возможные изменения, т.е. климатические флуктуации, то за XI пятилетку, несмотря на чрезвычайно неблагоприятные погодные условия, рисоводы края могли бы получать ежегодно дополнительно около 8413 т зерна (ΔV). Эти цифры получены с помощью формулы

$$\Delta V = (S_{нкч} \cdot \bar{\Delta R}_1) = (16826 \text{ га} \cdot 0,5 \text{ т/га}) = 8413 \text{ т},$$

где ΔV - годовой валовый сбор риса, $S_{нкч}$ - посевные площади, расположенные в неблагоприятных климатических

условиях, $\overline{\Delta P_{X1}}$ – разность средних за XI пятилетку урожаев в КМПР IУ^а и Ш^а, П^а, Ш^а ($\overline{\Delta P_{X1}} = 0,5$ т/га). Общий ущерб из-за климатических условий в XI пятилетке за счет более рационального размещения, с учетом микроклиматических особенностей зоны рисосеяния, можно было уменьшить на 42065 т., т.е. на 25 %.

Влияние погодно-климатических условий на производственно-экономические показатели рисоводческих хозяйств, расположенных в различных КМПР можно оценить с помощью данных, приведенных в табл. 8.12. Средние урожаи, по рассматриваемым хозяйствам в благоприятные по погодным условиям годы (БП) не существенно различаются между собой (от 3,19 т/га в Новосельском до 2,86 в им. 50-летия комсомола Приморья). В неблагоприятные годы (НП) эти различия проявляются сильнее. Такие же закономерности отмечаются и для экономических показателей. Себестоимость производства риса (К) в БП изменяется от 21,39 руб. до 17,68 руб., в НП себестоимость варьирует от 34,45 руб. до 26,11 руб. Влияние почвенно-климатических различий проявляется и в величине прибыли либо убытков. В годы с БП прибыль в совхозе, расположенных в КМПР Ш^а, составила в среднем 404 т. руб., а в Новосельском (КМПР IУ^а) – 1303 т. руб. В НП первый совхоз несет убытки в среднем за год 109 т. руб., а второй получает прибыль 454 т. руб. Естественно, что на величине прибыли сказываются техническая оснащенность, культура земледелия и др. факторы. Однако, по данным ЦСУ Приморского края техническая оснащенность рисосеющих хозяйств за XI пятилетку по сравнению с X не снизилась, а, напротив, возросла.

Авторы [211] считают, что: "... по сравнению с предыду-

Таблица 8.12

Основные производственно-экономические показатели
рисосеющих хозяйств в благоприятные и неблагоприятные
по погодным условиям года

| № | Характеристика вегетационного периода | Урожай, т/га | Продано государ- ству, т | Себестои- мость, руб. | Прибыль, т. руб. |
|--|---|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Совхоз Новосельский | | | | | |
| 1. | Благоприятные годы | 3,19 | 11118 | 17,68 | 1303 |
| 2. | Неблагоприятные годы | 2,24 | 7927 | 26,11 | 454 |
| 3. | Разница | 0,95 | 3191 | 8,43 | 849 |
| 4. | Среднее за период 1965-1986 гг. | 2,59 | 8855 | 24,42 | 593 |
| Совхоз им. 50-летия комсомола Приморья | | | | | |
| 1. | Благоприятные годы | 2,86 | 4770 | 21,39 | 404 |
| 2. | Неблагоприятные годы | 1,79 | 2338 | 34,45 | -110 |
| 3. | Разница | 1,07 | 2432 | 13,06 | 514 |
| 4. | Среднее за период 1965-1986 гг. | 2,20 | 3882 | 31,65 | -54 |
| Совхоз Авангард | | | | | |
| 1. | Благоприятные годы | 2,91 | 10243 | 20,13 | 943 |
| 2. | Неблагоприятные годы | 2,34 | 7255 | 30,68 | 145 |
| 3. | Разница | 0,59 | 2988 | 10,55 | 798 |
| 4. | Среднее за период 1965-1986 гг. | 2,36 | 7136 | 28,02 | 369 |

щим периодом, когда эффективность рисосеяния была достаточно высокой, происходят серьезные нарушения агротехнических и технологических требований возделывания риса в совхозах. Не выполняются полностью агромелиоративные приемы, предусмотренные технологическими картами, затягиваются сроки проведения полевых работ, не соблюдается режим орошения...". На наш взгляд, трудно заподозрить труженников рисосеющих хозяйств, в основной их массе, в нежелании получать высокие урожаи в последние годы, хотя отдельные случаи бесхозяйственности, безусловно, имели место.

Влияние погоды на агротехнику возделывания сельскохозяйственных культур рассмотрено многими авторами и в частности [112, 115, 214]. Установлено, что в большей мере от погодных условий зависит производство сельскохозяйственных культур, которые имеют наиболее сложную агротехнику возделывания. К таким сельскохозяйственным культурам относится и рис (см. гл. 3).

Кроме того, трудно предположить, что уровень культуры земледелия понизился "вдруг" и одновременно во всех хозяйствах края по причине бесхозяйственности. Данные табл. 8.13 говорят о том, что снижение производственно-экономических показателей произошло относительно быстро от X к XI пятилеткам, но если рассматривать изменение этих величин погодично, то прослеживается четкая тенденция снижения урожайности и прибыли с 1979 г. и одновременно увеличение себестоимости производства риса.

Эти данные, на наш взгляд, убедительно говорят о наличии общей крупномасштабной причины, которая привела к

существенному ухудшению экономических показателей рисосеющих хозяйств Приморского края, которой и является наблюдаемая в настоящее время климатическая аномалия.

При существующей схеме размещения рисосеющих хозяйств края возможно было уменьшить понесенный рисоводами ущерб при помощи изменения структуры посевных площадей. До недавнего времени большая часть площадей отводилась под сорт Новосельский, в то время как климатологически оптимальной стратегией является ориентация на сорт Дальневосточный. В табл. 8.13 показано изменение структуры посевных площадей (S) и валового сбора риса (V) в процентах по сортам. Так, за XI пятилетку S , отведенные под Новосельский, уменьшились с 58 % в 1981 г. до 36 % в 1985 г. и, наоборот, S занятые сортом Дальневосточный увеличились до 56 %. Дополнительная продукция, которую могли бы получить в XI пятилетке рисоводы края при обратном соотношении посевных площадей (Q_1) и при условии, что сортом Дальневосточный занято 80 % S , а сортом Новосельский - 20 % ^(Q_2) составила - 4453 т для Q_1 и 39761 т для Q_2 . Показательным в этом плане является 1986 г., когда в Приморье наблюдалось очень холодное лето, на уровне 1981 и 1983 гг., но урожайность риса составила 2,45 т/га. Одной из причин, позволившей получить такой урожай, явилось резкое сокращение посевов занятых сортом Новосельский (до 26 %).

Таблица 8.13

Изменение структуры посевных площадей (S) и валового сбора риса (V)
по сортам Новосельский и Дальневосточный за 1981-1986 гг.

| Характеристика | | Го ды | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------------|------|
| | | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | XI пятилетка | 1986 |
| Факти- чески | S Новосельский | 62 | 54 | 55 | 49 | 43 | 52,6 | 26 |
| | S Дальневосточный | 33 | 42 | 44 | 49 | 56 | 44,8 | 73 |
| | V Новосельский | 58 | 50 | 48 | 45 | 36 | 47,4 | 23 |
| | V Дальневосточный | 39 | 47 | 51 | 52 | 59 | 49,6 | 77 |
| Рассчи- танно | $\Delta V_1 \longrightarrow Q_1$ | -3108 | -2123 | -2336 | 0 | 3114 | -4453 | 4720 |
| | $\Delta V_2 \longrightarrow Q_2$ | -8241 | -10592 | -8725 | -6561 | -5642 | -39761 | -500 |

Примечание: недостающие до 100 % посевные площади заняты другими сортами риса; ΔV_1 - валовой сбор зерна, который был бы получен при обратном соотношении посевных площадей (Q_1);
 ΔV_2 валовой сбор зерна, который был бы получен при условии, что 80 % площадей занято сортом Дальневосточный и 20 % - Новосельский (Q_2); знак "-" означает дополнительную продукцию, которую могли бы получить рисоводы края, ориентируясь на Q_1 и Q_2 .

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Оценены средние потери и экономический эффект при переходе от стратегии ориентации на средние многолетние суммы температур к стратегии ориентации на климатологически оптимальные суммы температур по зоне рисосеяния Приморского края. На основе метеоролого-экономической модели непрерывного типа установлены микроклиматические подрайоны, в соответствии с ранее выполненным районированием по микроклиматообразующим факторам, в которых целесообразна ориентация при выборе хозяйственных решений на климатологически оптимальные суммы температуры.

2. Показаны практические приемы определения климатологически оптимальных стратегий (нормы высева семян, сроки сева, выбор сорта) в рисоводстве на основе метеоролого-экономических моделей дискретного типа. Проведено районирование климатологически оптимальных стратегий, определены области использования компромиссных решений.

3. Разработан новый метод сверхдолгосрочного прогноза (10-15 лет) трендовой составляющей урожайности риса для основных районов рисосеяния страны на основе теории максимумов и минимумов функций. Средняя оправдываемость прогнозов на независимой выборке составила 87 %.

4. Разработаны методы оценки влияния климатических флуктуаций и микроклиматических различий зоны рисосеяния на экономические показатели рисоводческих хозяйств. Например, общий ущерб, нанесенный рисосеянию Приморья за XI пятилетку в результате понижения средней месячной температуры воздуха в июне в начале восьмидесятых годов, составил около 170 400 т риса.

5. Результаты проведенного исследования и анализ работ других авторов позволяют сделать вывод о том, что снижение урожайности риса в XI пятилетке явилось результатом ряда объективных и, частично, субъективных причин. К объективным, в первую очередь, относятся:

— изменение климатических условий современного периода, которое проявилось в снижении средних месячных и средних летних температур воздуха; наблюдающееся снижение температур сохраняет свою тенденцию (абсолютный минимум в средних июньских температурах воздуха за период инструментальных наблюдений отмечен в 1983 г.);

— ошибки в размещении рисосеющих хозяйств, возникшие вследствие либо полного игнорирования сведений о существующих и возможных климатических изменениях зоны рисосеяния, либо при ориентации на ошибочную климатическую информацию, в которой не учитывались имеющие место в прошлом климатические аномалии;

— решения о возведении рисосеющих хозяйств в наименее благоприятных по почвенным условиям районах с преобладанием торфяников;

— недостатки принятых ранее конструкций рисовых систем, отсутствие важнейшего элемента сети — дренажа, что предопределяет полную зависимость урожайности от погодных условий.

ГЛАВА 9. ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ХОЗЯЙСТВЕ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ

9.1. Блок-схема метеорологического обслуживания рисоводства

Блок-схема принятия возможных хозяйственных решений в рисоводстве на основе долгосрочного прогноза урожайности сельскохозяйственных культур, теплообеспеченности периода вегетации и отдельных элементов погоды приведена на рис. 9.1. Она содержит шесть блоков, в том числе блоки компенсации и прогноза прикуляриза риса.

Рассмотрим возможные хозяйственные решения на основе прогноза урожайности до сева.

Такой прогноз может служить основой для корректировки структуры посевных площадей (действия d_1, d_1', d_1''). Причем решения о перераспределении посевных площадей должны приниматься с учетом карты-схемы районирования зоны рисосеяния по микроклиматообразующим факторам (рис. 5.6), карт районирования урожайности риса и других культур, составляющих севообороты рисовых полей по величине и устойчивости (см. раздел 8.3). Способы сева (действия d_4, d_4', d_4'') выбираются в соответствии с биологическими особенностями культуры риса. В [137] указано, что при благоприятных погодных условиях весной предпочтение должно отдаваться севу с глубокой заделкой семян, а при поздних сроках — с минимальной. Авиасев используется, как правило, в экстремальных случаях.

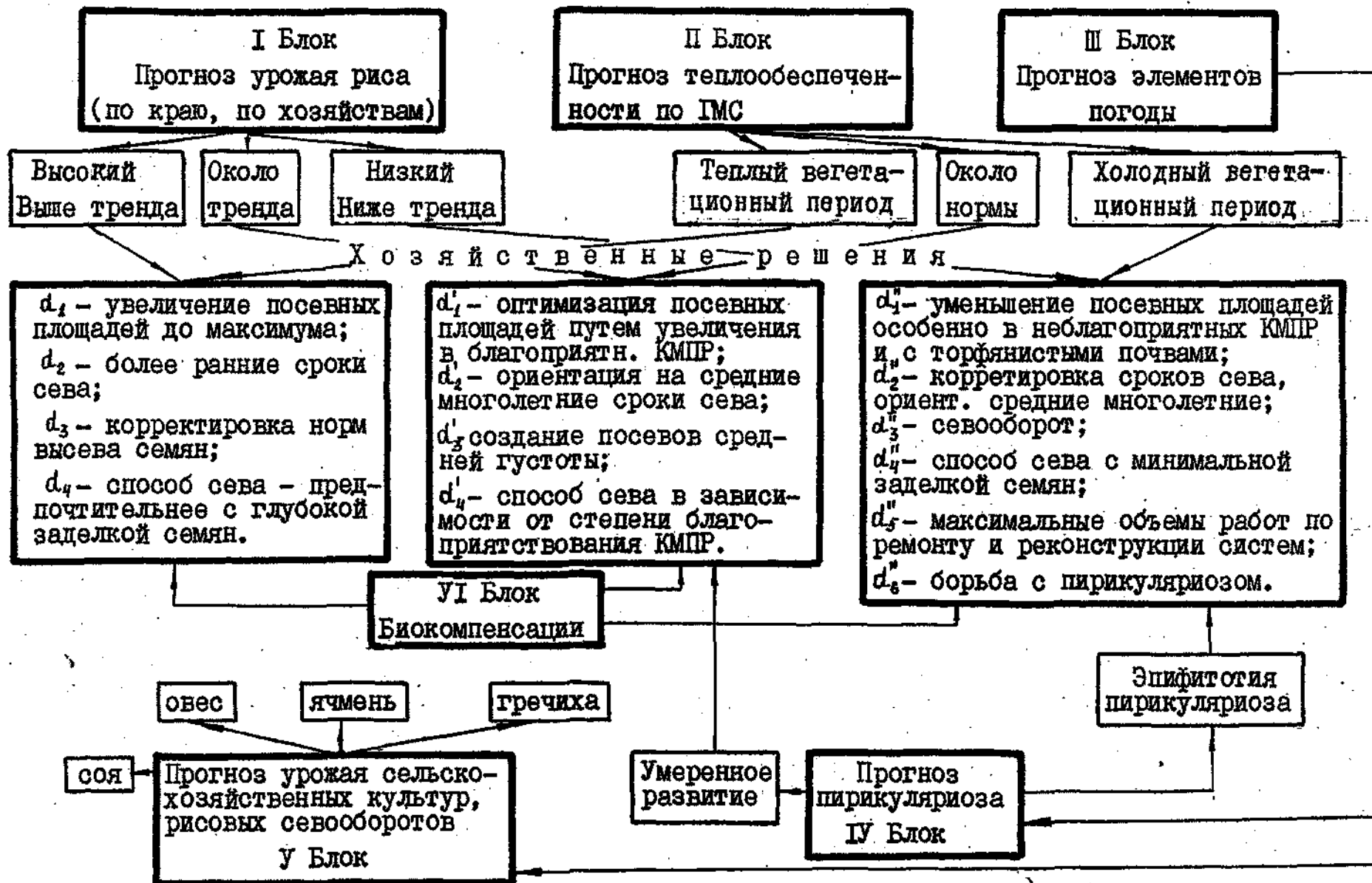


Рис. 9.1. Блок-схема принятия хозяйственных решений на основе использования долгосрочных прогнозов.

прогнозе

Например, при "Низкая урожайность" риса целесообразны такие хозяйственные решения (рис. 9.1): d_5'' - решение о том, что максимальное количество площадей отводится под ремонт и реконструкцию рисовых чеков; d_3'' - мероприятия по улучшению севооборотов рисовых полей. В свою очередь выбор той или иной культуры (d_3'') осуществляется в зависимости от: а - ориентации на получение максимальной прибыли в растениеводстве; б - на улучшение кормовой базы животноводства; в - улучшение структуры и питательных свойств почв; г - отведение посевных площадей под пары и др.

Например, на 1981 и 1983 гг. был дан прогноз "Низкая урожайность риса", т.е. $\Delta P < - 0,25$ т/га. Увеличить продуктивность севооборота, используемого в хозяйстве, можно на основе реализации принципа взаимокompенсации. Обзор исследований по этой проблеме приведен в гл. 3.

При рассмотрении возможности взаимокompенсации применительно к рисоводству необходимо учитывать специфическую особенность возделывания этой культуры. Она заключается в том, что вырастить рис можно только на специально оборудованных полях - рисовых чеках, представляющих собой достаточно сложное гидромелиоративное сооружение. При благоприятных для возделывания риса погодных условиях, когда целесообразно максимально увеличить посевную площадь (S_{max}), последняя всегда будет ограничена некоторой константой, равной площади рисовых чеков, увеличивать же посеви риса за счет других суходольных культур невозможно. С другой стороны на рисовых чеках представляется возможным выращивать практически любую сельскохозяйственную культуру.

Следовательно, взаимная биоклиматическая компенсация

в рисосеянии имеет ряд специфических особенностей и предполагает индивидуальный подход при решении этой задачи, который может быть реализован следующим образом. Имея набор сельскохозяйственных культур (рис, соя, гречиха, овес, ячмень), определим наличие и характер связи между отклонениями урожаев от тренда (ΔP).

Для этой цели строится матрица сопряженности знаков отклонений урожайности от тренда для двух культур или сортов. Общий вид матрицы и описание ее элементов даны в гл. 3.

С практической точки зрения наибольший интерес представляют элементы матрицы, расположенные в левом нижнем углу по отношению к центральной диагонали матрицы. Это случаи, когда урожай риса были ниже нормы или около нормы, а урожай другой культуры, напротив, выше нормы или около нормы. Оптимальной культурой для целей взаимокompенсации, с точки зрения величины урожайности, является та, для которой сумма этих элементов матрицы будет наибольшей.

В табл. 9.1 и 9.2 приведены матрицы сопряженности знаков ΔP урожайности риса и ΔP сои, гречихи, овса и ячменя.

Таблица 9.1

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP риса, сои и гречихи

| Знак ΔP риса | Знак ΔP сои | | | | Знак ΔP гречихи | | | |
|----------------------|---------------------|----|----|----------|-------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | Σ | + | 0 | - | Σ |
| + | 22 | 4 | 7 | 33 | 18 | 4 | 11 | 33 |
| 0 | 4 | 26 | 7 | 37 | 15 | 8 | 15 | 38 |
| - | 4 | 11 | 15 | 30 | 4 | 7 | 18 | 29 |
| Σ | 30 | 40 | 30 | 100 | 37 | 19 | 44 | 100 |

Примечание: "+" - означает высокую урожайность, "0" - урожайность около тренда, "-" - низкую урожайность.

Таблица 9.2

Матрица сопряженности (%) знаков ΔP риса, овса и ячменя

| Знак ΔP риса | Знак ΔP овса | | | | Знак ΔP ячменя | | | |
|----------------------|----------------------|----|----|----------|------------------------|----|----|----------|
| | + | 0 | - | Σ | + | 0 | - | Σ |
| + | 11 | 7 | 15 | 33 | 11 | 4 | 8 | 33 |
| 0 | 15 | 11 | 11 | 37 | 18 | 4 | 15 | 37 |
| - | 15 | 7 | 7 | 30 | 11 | 7 | 11 | 30 |
| Σ | 41 | 26 | 33 | 100 | 41 | 15 | 44 | 100 |

Как видно, для риса в условиях Приморского края такими культурами являются овес и ячмень. Сумма выше указанных элементов матриц для овса равна 37 %, для ячменя 36 %. Высокая урожайность риса, овса и ячменя в крае одновременно наблюдалась только в 11 %. Достоинством матриц сопряженности знаков ΔP , на наш взгляд, является их наглядность, которая в то же время позволяет достаточно точно и подробно охарактеризовать структуру взаимосвязи колебаний урожайности культур севооборота. Такие матрицы могут быть построены не только по данным о средней по краю или области урожайности, но и по данным об урожайности в отдельном рисоводческом хозяйстве.

В то же время, следует отметить, что в конкретных производственных условиях предпочтение может быть отдано культуре исходя из ее потребительских свойств, конъюнктуры рынка и т.д. Например, для хозяйств, где содержится большое поголовье скота молочного направления, по-видимому, следует отдать предпочтение сое, для получения высококачественного белкового корма. В других хозяйствах, занимающихся дополнительно производством меда, целесообразны по-

севы гречихи. Кроме того, эта культура может быть использована как пожнивная в те годы, когда прогноз "Низкая урожайность" риса не оправдывается, а для компенсации последствий хозяйственного решения принятого на основе этого прогноза, которое будет заключаться в уменьшении посевных площадей, занятых рисом, используя более поздние сроки сева гречихи, можно получить дополнительную продукцию, либо использовать гречиху под седеват.

Поскольку при низкой урожайности риса в 75 % формируются высокие либо около тренда урожай овса, то этой культуре, по-видимому, следует отдавать предпочтение в тех хозяйствах, или в те годы, когда необходимы сочные зеленые корма, либо зерно на фураж.

Фактическая урожайность риса в 1981 и 1983 гг. составила около 1,55 т/га, овса - 1,04 и 2,11, ячменя - 0,91 и 1,54 т/га соответственно. Как показали проведенные в 1981 г. полевые наблюдения на производственных посевах риса в совхозе им. 50-летия комсомола Приморья, рис на чеках с торфяником не вызрел и урожай был равен практически 0,0 т/га, в среднем по хозяйству урожайность составила всего 1,2 т/га. Поэтому себестоимость тонны риса в эти годы и в последующие за ними за счет повышения цены на семена значительно возросла, особенно в хозяйствах, расположенных в наиболее неблагоприятных условиях.

Если обозначить площади рисовых чеков с торфяником по всем рисосеющим хозяйствам за $S_{\text{торф}}$ и исходить из условия, что урожай на них в холодные годы стремится к 0 т/га, то заменив рис на овес или ячмень можно было дополнительно получить в 1981 г. - $(1,04 S_{\text{торф}})$ т овса или $(0,91 S_{\text{торф}})$

т ячменя; в 1983 г. соответственно (2, II S торф) или (I, 54 S торф) т.

Естественно, что в каждом конкретном хозяйстве в силу его специфики и потребности, соотношение площадей, занятых овсом или ячменем, может различным. Более того, вместо этих культур возможно было получить сено однолетних трав, кукурузу на силос, зеленые корма и до.

В годы, когда прогнозируется "Высокая урожайность" рисом должно быть занято максимальное количество посевных площадей в идеале равное площади рисовых систем. Такие мероприятия как ремонт и реконструкция рисовых чеков должны, в основном, проводиться в годы, когда прогнозируется "Низкая урожайность" или "Около тренда".

Очевидно, что здесь невозможно описать все хозяйственные решения, построенные только на основе взаимной компенсации, т.к., в конечном итоге, сложные гидротехнические сооружения рисосеющих хозяйств требуют плановых ремонтов и реконструкций. По-видимому, в дальнейшем необходимо разработать и реализовать модели принятия хозяйственных решений на основе использования климатической и прогностической информации с помощью ЭВМ для отдельных рисоводческих хозяйств. В этих моделях также должен быть отработан механизм контроля за текущими погодными условиями, позволяющий выработать хозяйственные рекомендации по адаптивному агротехнике возделывания к реальным погодным условиям.

Блок-схема метеорологического обслуживания, приведенная на рис. 9.1, дополняется метеоролого-технологическими схемами (МТС), разрабатываемыми для отдельных технологических приемов производства риса. Принципы разработки МТС

изложены в гл. 2, там же приведены в качестве примера МТС для сева риса, борьбы с потерями урожая от пирикулярриоза и уборки урожая (рис. 2.1-2.3).

9.2. Методы определения оптимальной стратегии на основе синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева

Для того, чтобы потребитель имел реальную возможность, позволяющую ему с достаточной заблаговременностью маневрировать сортами, изменять структуру посевных площадей и норму высева семян, необходимо иметь долгосрочный прогноз теплообеспеченности или урожая [159, 161]. О практической полезности таких прогнозов можно судить только по результатам сравнительной оценки экономической эффективности, полученной на основе использования методического прогноза и данных о климате.

Последовательность нахождения оптимальной стратегии может быть представлена в следующем виде:

- находится транспонированная матрица полезности;
- определяется матрица сопряженности;
- выделяются из каждого столбца матрицы-произведения максимальные или минимальные элементы.

Сумма выделенных элементов определяет среднюю полезность оптимальной стратегии (см. гл. I).

Согласно данным, полученным в подотделе по производству риса, краевого агропромышленного комитета, минимальный урожай, при котором хозяйство покрывает расходы на производство риса (т.е. доходы равны нулю) составляет около 2,2 т/га. Такие урожай возможны при суммах температур

выше 2420° . При низких суммах температур ($\sum T < 2420^{\circ}$) вероятность получения заданного урожая чрезвычайно мала. Следовательно, для производства большое практическое значение может иметь вопрос о принятии решений типа: высевать - не высевать рис. В годы, когда прогнозируются высокие суммы температур или высокий урожай риса целесообразно отводить под рис максимально возможное количество посевных площадей, в годы же с низкими суммами температур или урожаями посева риса сосредоточить лишь в наиболее теплообеспеченных климатических микроподрайонах, а на остальных площадях высевать другие сельскохозяйственные культуры составляющие рисовые севообороты, травы и т.д.

Рассмотрим альтернативную ситуацию с помощью метеоролого-экономической модели типа $m \times n = 2 \times 2$, где m - число хозяйственных решений, n - число состояний погоды. С помощью матрицы $\|U_{ij}\|$ ($i, j = 2$) решим задачу оптимального районирования, т.е. установим, при каких климатических вероятностях

$$\begin{cases} P_1 (F_1) = P_1 \\ P_2 (F_2) = P_2 = 1 - P_1, \end{cases} \quad (9.1)$$

следует проводить мероприятие d_1 , при каких предпочтительнее - d_2 . Тогда матрица будет иметь такой вид:

| F_i | d_j | |
|-------|----------|----------|
| | d_1 | d_2 |
| F_1 | U_{11} | U_{12} |
| F_2 | U_{21} | U_{22} |

d_1 - решение высевать рис, ориентируясь на погоду F_1 - сумма температур выше 2420° ;
 d_2 - решение не высевать рис при суммах температур меньше 2420° (F_2); $U_{11}, U_{12}, U_{22}, U_{21}$

- элементы матрицы, имеющие смысл доходов или потерь. Используя (I.I) запишем выражения для величин U_{k1} и U_{k2} , отве-

чающих климатологическим стратегиям $S_{кл1}$ и $S_{кл2}$

$$\begin{cases} U_{кл1} = U_{11} p_1 + U_{21} p_2 \\ U_{кл2} = U_{21} p_1 + U_{22} p_2 \end{cases} \quad (9.2)$$

Причем, что при урожае 2,2 т/га доходы равны нулю, при снижении (повышении) урожая на каждые 0,2 т/га вычитаем (прибавляем) 0,1 условной единицы убытков (доходов). Тогда при $U_{кл1} > U_{кл2}$ предпочтение отдается стратегии $S_{кл1}$ и, наоборот, если решение d_1 - высевать рис ориентировано на погоду F_1 , а d_2 - не высевать - на погоду F_2 , то по [75] между величинами U_{ij} должны существовать соотношения:

$$\begin{aligned} U_{11} &> U_{12} \\ U_{21} &< U_{22} \end{aligned} \quad (9.3)$$

С учетом этих неравенств стратегия $S_{кл1}$ оказывается эффективнее стратегии $S_{кл2}$. Как следует из матрицы полезности 2 x 2 для сорта Новосельский (табл. 9.3) при осуществлении погоды F_1 и принятия решения d_1 прибыль составит 18,5 условных единиц. Решение d_1 при неблагоприятной погоде приводит к убыткам в 14 условных единиц (у.е.). Для сорта Дальневосточный решение d_1 при F_1 приносит прибыль в 26,8 у.е., что на 8,3 у.е. больше прибыли от сорта Новосельский.

Таблица 9.3

Матрица полезности (F_i, d_j) (в условных единицах)

| Состояние погоды (F_i) | Хозяйственные решения (d_j) | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------|-------------------|-------|
| | Сорт Дальневосточный | | Сорт Новосельский | |
| | d_1 | d_2 | d_1 | d_2 |
| F_1 | 26,8 | 0,0 | 18,5 | 0,0 |
| F_2 | 1,0 | 0,0 | -14,0 | 0,0 |

Определим, насколько целесообразно применение потребителем гидрометеорологической информации компромиссного решения (d_k) суть которого, например, сводится к посеву двух сортов в соотношении 50 % на 50 %. Составим матрицу полезности (табл. 9.4), откуда видно, что если при погоде \mathcal{F}_1 осуществить решение d_k , то получим прибыль в 22,7 у.е., которая на 4 у.е. меньше прибыли, которая будет получена в случае предпочтения сорта Дальневосточный. Решение d_k при погоде \mathcal{F}_2 принесет убытки в 7 у.е. Для оценки эффективности компромиссного решения рассчитаем параметры p_k и β :

$$\begin{cases} p_{1k} = \frac{\beta_1}{1 + \beta_1}; & \beta_1 = \frac{u_{2k} - u_{21}}{u_{11} - u_{1k}}; \\ p_{2k} = \frac{\beta_2}{1 + \beta_2}; & \beta_2 = \frac{u_{22} - u_{2k}}{u_{1k} - u_{12}}; \end{cases} \quad (9.4)$$

где p_{1k} , p_{2k} - критические вероятности, β_1 , β_2 - безразмерные параметры. В результате расчетов установлено, что β_1 и β_2 равны соответственно - 1,67 и 1,95. Критические вероятности равны $p_{1k} = 0,63$; $p_{2k} = 0,66$.

Таблица 9.4

Матрица полезности (ус. ед.) сортов риса Новосельский и Дальневосточный с компромиссным решением (d_k)

| \mathcal{F}_i | d_j | | |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | d_1 | d_k | d_2 |
| \mathcal{F}_1 | 18,5 | 22,7 | 26,8 |
| \mathcal{F}_2 | -14,0 | -7,0 | 1,0 |

Отсюда при $p_{\text{факт.}} < 0,63$ климатологически оптимальной является стратегия S_{kl1} ; при $0,66 > p_{\text{факт.}} > 0,63$ - оптимальной является компромиссная стратегия S_k ; $p_{\text{факт.}} > 0,66$ - следует применять решение d_2 , стратегия S_{kl2} .

Следовательно, компромиссное решение высевать сорт Новосельский и сорт Дальневосточный в соотношении 50 на 50 % не является эффективным. Предпочтение следует отдавать сорту Дальневосточный.

На следующем этапе строим матрицу сопряженности для прогноза средней по краю урожайности риса до сева (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Матрица сопряженности (P_{il}) прогноза средней по краю урожайности риса до сева

| Φ_i | Π_l | | | $\sum \Phi_i$ |
|--------------|---------|---------|---------|---------------|
| | Π_1 | Π_2 | Π_3 | |
| Φ_1 | 0,21 | 0,04 | 0,04 | 0,29 |
| Φ_2 | 0,08 | 0,30 | 0,00 | 0,38 |
| Φ_3 | 0,00 | 0,04 | 0,29 | 0,33 |
| $\sum \Pi_l$ | 0,25 | 0,42 | 0,33 | 1,00 |

где Φ_1, Φ_2, Φ_3 - фактическая урожайность риса по градациям: высокая, около тренда, низкая; Π_1, Π_2, Π_3 - тексты прогнозов соответствующие трем градациям фактической урожайности,

P_{il} - элементы матрицы совместных вероятностей, где $P_{il} = \frac{n_{il}}{N}$

По данным табл. 9.5 рассчитываются условные вероятности

$$q_{ij} = P_{il} / P_{ol}$$

осуществления различных градаций урожаев для каждой формулировки прогноза Π_1, Π_2, Π_3 .

| | | | | |
|---------|------|------|------|-------|
| Π_1 | 0,73 | 0,11 | 0,12 | |
| Π_2 | 0,27 | 0,78 | 0,00 | (9,5) |
| Π_3 | 0,00 | 0,11 | 0,88 | |

Оказалось, что наибольшую условную вероятность имеет прогноз низкой урожайности $P_{3|3} = 0,88$. Несколько хуже оправдываются прогнозы с формулировками Π_1 и Π_2 .

Составим матрицу полезности 3×3 , когда m — число возможных хозяйственных решений равно числу n — состояний погоды ($m = n = 3$). Обозначим под d_1 — решение высевать сорт Новосельский, d_2 — сорт Дальневосточный, d_3 — посев риса не производить (табл. 9.6).

Таблица 9.6

Матрица полезности (F_i, d_j) (в условных единицах)

| F_i | d_j | | |
|-------|-------|-------|-------|
| | d_1 | d_2 | d_3 |
| F_1 | 23 | 30 | 0 |
| F_2 | 12 | 24 | 0 |
| F_3 | -14 | 1 | 0 |

Отсюда следует, что при осуществившейся погоде F_1 решения d_1 и d_2 дают прибыль соответственно в 23 и 30 у.е. При погоде F_2 более выгодным является решение d_2 . В то же время, при неблагоприятных погодных условиях F_3 решение d_1 приносит убытки в 14 у.е.

Найдем производные транспонированной матрицы полезности на матрицу сопряженности

$$\|U_{je}\| = \begin{vmatrix} \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \\ 20,0 & 10,4 & -9,6 \\ 28,4 & 22,1 & 4,5 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Как видно (9.6), оптимальной стратегией потребителя, данной прогностической информации, является ориентация на хозяйственное решение d_2 . При формулировке прогноза Π_2 разность в прибыли от реализации действий d_1 и d_2 составляет 11,7 ус. ед., при формулировке Π_1 (высокая урожайность эта величина несколько меньше и равна 8,4 ус. ед. Наибольший эффект (14,1 ус. ед.) будет получен потребителем в том случае, если при формулировке прогноза Π_3 (низкая урожайность) предпочтение будет отдано сорту Дальневосточный.

338
Матрица полезности (табл. 9.6), в рассматриваемом примере, составлена по данным о средней урожайности по краю, но на практике такие матрицы необходимо составлять либо для каждого хозяйства в отдельности, либо для группы хозяйств, расположенных в одном микроклиматическом подрайоне согласно районированию, приведенному в [232].

Однако необходимо отметить и то, что при снижении уровня урожая в связи с долгопериодными климатическими флуктуациями произойдет увеличение себестоимости производства тонны продукции и величина минимальной урожайности (P_{min}), при которой хозяйства покрывают производственные расходы, должна увеличиться. Наблюдаемое в последнее десятилетие противоречие между ухудшающимися погодно-климатическими условиями и величиной P_{min} отрицательно сказалось на экономических показателях рисосеющих хозяйств (см. 8.4).

9.3. Численные эксперименты по моделированию продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности

Постановка задачи и разработка блок-схем моделирования продуктивности севооборота в специализированном хозяйстве с учетом степени хозяйственной самостоятельности были осуществлены в гл. 2.

Результатом моделирования является оптимальная структура севооборота, обеспечивающая получение либо: максимального выхода продукции всего севооборота, только специализированной культуры, максимальной прибыли, минимальных убытков, строгого соблюдения научно-обоснованных севооборотов, другого критерия оптимальности или целесообразности.

Основой, на которой базируются расчеты по модели, являются: прогноз урожайности специализированной культуры (в данном случае - риса) до сева; результаты районирования по микроклиматообразующим факторам и величине и степени устойчивости урожайности всех культур севооборота; количественные зависимости между метеорологическими величинами и урожайностью; оптимальные стратегии установленные по данным о климате и на основе прогностической информации.

Этапы создания долгосрочного синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева от теоретического обоснования до практических рекомендаций подробно и последовательно изложены в гл. 5-7. Районирование зоны рисосеяния по микроклиматообразующим факторам выполнено в [233] , по величине и степени устойчивости урожайности основных культур севооборота рисового поля - в гл. 8. В гл. 3 и 4, а также в [229, 232]

выявлены и оценены зависимости между метеорологическими величинами, их комплексными характеристиками, почвенными различиями с одной и урожайностью риса и агротехникой с другой стороны. Методы и выбор оптимальных стратегий потребителя на основе климатической и прогностической информации представлены в гл. 3-4, 8-9 и в монографиях [171, 232]. Варианты хозяйственной самостоятельности объектов сельскохозяйственного производства на современном этапе рассмотрены и в [172] и в гл. 2 (п. 2.2).

Автором при активном участии к.ф.-м.н. Г.И. Анжиной была составлена рабочая программа, позволяющая рассчитать продуктивность севооборота в рисоводческом хозяйстве, на ЭВМ типа ЕС-1060 и на персональных компьютерах типа IBM.

Изменяя входные параметры модели, можно получить большое число различных вариантов продуктивности севооборота в конкретном специализированном рисоводческом хозяйстве и выбрать наиболее приемлемый из них в соответствии со степенью хозяйственной самостоятельности и биоклиматическими ресурсами территории, на которой располагается хозяйство.

Для проверки чувствительности модели расчеты продуктивности осуществлялись в трех вариантах:

- 1 - в стратегии полного доверия прогнозу с учетом ошибки прогноза урожайности;
- 2 - в стратегии идеального прогноза;
- 3 - в стратегии оптимального прогноза.

Каждый вариант рассчитывался еще по трем подвариантам, учитывающим различное соотношение посевных площадей с разным типом почв: а - 80 % посевных площадей занимают площади с лугово-бурыми почвами, 10 % - с оглеенным торфом, 10 % - тор-

фяники; б - соответственно 60 %, 20 %, 20 %; соответственно 340 %, 40 %, 20 %.

Эксперименты проводились по данным за два периода лет: с 1975 по 1979 гг. и с 1981 по 1985 гг. Выбор этих периодов обусловлен тем фактом, что средняя месячная температура воздуха в июне за первый период составила 17,8 °С, а за второй - 16,3 °С. Причем в 1983 г. по всем гидрометеорологическим станциям, расположенным по зоне рисосеяния Приморского края, был отмечен абсолютный минимум средней месячной июньской температуры воздуха за весь период наблюдений [171].

Как показали проведенные исследования, между термическими показателями вегетационного периода (сумма температур выше 10 °С, средняя температура воздуха за вторую декаду июня и др.) и прибылью от рисосеяния установлены достаточно тесные корреляционные зависимости (гл. 4). Поэтому первый период был принят за условно благоприятный для выращивания риса, а второй - за условно неблагоприятный.

9.3.1. Моделирование продуктивности севооборота на примере совхоза Новосельский за 1975-1979 гг.

Исходные данные, используемые при моделировании продуктивности севооборота на примере совхоза Новосельский за 1975-1979 гг., приведены в табл. 9.7.

Плановые задания краевого агропромышленного союза на производство риса, в течение указанного периода, изменялись незначительно - от 2,77 т/га (1978 г.) до 2,95 т/га (1979 г.). Максимальная урожайность риса (3,4 т/га) была получена в 1975 г., а минимальная - в 1979 г. (2,69 т/га). Средняя урожайность риса за указанный период составила 3,05 т/га при

Таблица 9.7

Данные об урожайности и структуре посевных площадей в Новосельском за 1975-1979 гг.

| Сельскохозяйственная культура | Параметры метеоролого-экономических показателей | | Годы | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| I | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Рис | Урожайность, т/га | Фазовый синоптико-статистический прогноз | "Высокая урожайность" | "Около тренда" | "Низкая урожайность" | "Высокая урожайность" | "Низкая урожайность" |
| | | Количественный прогноз | 3,00 | 2,67 | 2,41 | 3,42 | 2,55 |
| | | Плановая | 2,90 | 2,93 | 2,94 | 2,77 | 2,95 |
| | | Фактическая | 3,40 | 2,97 | 2,93 | 3,28 | 2,69 |
| | Валовый сбор, тонн | Плановый | 15950 | 16120 | 16600 | 16100 | 17110 |
| | | Фактический | 19256 | 16753 | 16990 | 19004 | 15629 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 5650 | 5650 | 5800 | 5800 | 5800 |
| | Себестоимость, руб./т | Плановая | 209,4 | 214,6 | 231,0 | 234,0 | 240,1 |
| | | Фактическая | 177,2 | 210,0 | 217,2 | 221,4 | 283,9 |
| | Реализационная цена, руб./т | Фактическая | 304,9 | 304,5 | 305,8 | 323,7 | 310,7 |

Продолжение таблицы 9.7

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
|--------|-----------------------|-------------|------|------|------|------|------|
| Соя | Урожайность, т/га | Прогноз | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,81 |
| | | Фактическая | 0,79 | 0,57 | 0,80 | 1,44 | 0,43 |
| | Валовый сбор, т | Фактический | 379 | 283 | 320 | 288 | 87 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Овес | Урожайность, т/га | Прогноз | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 |
| | | Фактическая | 2,14 | 1,68 | 2,08 | 2,30 | 2,33 |
| | Валовый сбор, тонн | Фактический | 236 | 349 | 125 | 496 | 583 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 110 | 208 | 60 | 215 | 250 |
| | Себестоимость, руб./т | Фактическая | - | - | 69,5 | 73,2 | 82,0 |
| Ячмень | Урожайность, т/га | Прогноз | 1,69 | 1,46 | 2,00 | 1,84 | 1,74 |
| | | Фактическая | 1,33 | 2,60 | 1,63 | 1,59 | 2,14 |
| | Валовый сбор, т | Фактический | 651 | 1092 | 720 | 788 | 1289 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 490 | 420 | 440 | 495 | 600 |
| | Себестоимость, руб/т | Фактическая | - | - | 69,5 | 73,2 | 82,0 |

плановой 2,89 т/га. Средняя оправдываемость синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева составила 90 %. Фактический валовый сбор зерна риса за исследуемый период имел тенденцию к уменьшению: от 19256 тонн в 1975 г. до 15629 тонн в 1979 г. Посевные площади, напротив, увеличивались: от 5650 (1975, 1976 гг.) до 5800 га (1977-1979 гг.).

Себестоимость производства одной тонны продукции заметно возросла от 177,2 руб/т (1975 г.) до 283,9 руб/т (1979 гг.). Прибыль по хозяйству от производства риса за этот же период соответственно уменьшилась от 1677000 (1975 г.) до 95000 рублей (1979 г.).

Расчеты показали, что ориентируясь при выборе хозяйственных решений на прогноз урожайности риса, составленный синоптико-статистическим методом, в совхозе Новосельский план по производству риса невозможно было бы выполнить в 1977 и в 1979 гг. При наличии идеального прогноза (расчеты выполнялись по фактической урожайности риса за 1975-1979 гг.) плановое задание не было бы выполнено только в 1979 г. при втором и третьем подвариантах распределения типов почв. При втором варианте хозяйственной самостоятельности, следуя полученным рекомендациям в стратегии полного доверия прогнозу урожайности, в совхозе Новосельский за 1975-1979 гг. получили бы дополнительно 6223 т риса при первом подварианте распределения типов почв и понесли бы потери в валовом сборе риса в размере 971 т при втором и 6367 т при третьем соответственно.

При сравнении расчетных валовых сборов (при ориентации на прогноз урожайности до сева с учетом ошибки прогноза) и действительно возможных валовых сборов, за которые принима-

ется произведение расчетных площадей и фактической урожайности, оказалось, что ошибка расчетных валовых сборов составляет от 2,5 до 27 % (табл. 8.8).

По результатам расчетов для третьего варианта хозяйственной самостоятельности в стратегии полного доверия рекомендациям, пятилетнее задание по валовому сбору риса было бы выполнено на 106 % при первом подварианте соотношения площадей с различным типом почв, на 101 % при втором и на 92 % при третьем соответственно. При этом было бы получено больше овса, ячменя (кроме первого подварианта соотношения площадей), сои и гречихи (табл. 9.9).

Ориентируясь на четвертый вариант хозяйственной самостоятельности и, следуя полученным рекомендациям по севообороту в стратегии полного доверия прогнозу, хозяйство получило бы на 12-15 % меньше риса, но значительно больше овса, ячменя, сои, гречихи (табл. 9.9), при этом были бы соблюдены правильные научно-обоснованные севообороты, что позволило бы в меньшей мере использовать пестициды (фунгициды, инсектициды, гербициды) и повысить качество зерна и его экологическую чистоту.

9.3.2. Моделирование продуктивности севооборота в совхозе Новосельский за 1981-1985 гг.

Исходные данные, используемые при моделировании продуктивности севооборота за 1981-1985 гг., приведены в табл. 9.10.

В течение рассматриваемого периода наблюдалось снижение урожайности риса. Средняя урожайность за пятилетие составила 2,34 т/га, что на 0,7 т/га ниже, чем за предыдущий период. Годовой план по валовому сбору риса был выполнен только в 1985 г., пятилетний план выполнен не был. Как показали прове-

Таблица 9.8

Расчетный валовый сбор риса при втором варианте хозяйственной самостоятельности
в совхозе Новосельский за 1975-1979 гг.

| Год | Валовое производство риса за 1975-1979 гг. | | | | | | Ошибка расчетного валового сбора, (%) |
|-------|--|-------|-------|---|-------|-------|---|
| | Расчитанное в стратегии полного доверия | | | Действительно возможное | | | |
| | Вариант соотношения площадей с различным типом почв | | | Вариант соотношения пло- щадей с различным типом почв | | | |
| | I | 2 | 3 | I | 2 | 3 | |
| 1975 | 15950 | 15950 | 15950 | 18371 | 18371 | 18371 | 15,0 |
| 1976 | 16120 | 16120 | 16120 | 18524 | 18524 | 18524 | 15,9 |
| 1977 | 15418 | 12481 | 10279 | 19690 | 15939 | 13126 | 28,7 |
| 1978 | 16100 | 16100 | 16100 | 15692 | 15692 | 15692 | 2,5 |
| 1979 | 16314 | 13206 | 10876 | 18077 | 14634 | 12051 | 11,8 |
| Сумма | 79901 | 73857 | 69876 | 90353 | 83159 | 77763 | |

Таблица 9.9

Валовое производство сельскохозяйственной продукции в совхозе Новосельский за 1975-1979 гг.

| Культура | Валовое производство сельскохозяйственной продукции за 1975-1979 гг. (т) | | | | | | |
|----------|---|-------|-------|---|-------|-------|------------------------------|
| | В стратегии полного доверия прогнозу при третьей варианте хозяйственной самостоятельности | | | В стратегии полного доверия прогнозу при четвертом варианте хозяйственной самостоятельности | | | Фактический валовый сбор (т) |
| | Варианты соотношения площадей с различным типом почв | | | Варианты соотношения площадей с различным типом почв | | | |
| | I | 2 | 3 | I | 2 | 3 | |
| Рис | 86987 | 82554 | 79167 | 73742 | 71637 | 71907 | 84131 |
| Овес | 2640 | 5290 | 7674 | 3274 | 6549 | 9538 | 1786 |
| Ячмень | 2311 | 4635 | 6843 | 1533 | 5997 | 8555 | 4532 |
| Соя | 3528 | 2968 | 2354 | 6095 | 4692 | 3192 | 1374 |
| Гречиха | 2240 | 1909 | 1572 | 3921 | 3068 | 2113 | 0 |

Таблица 9.10

Данные об урожайности и структуре посевных площадей в совхозе Новосельский за 1981-1985 гг.

| Сельскохозяйственная культура | Параметры | | Годы | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------|--------|---------|--------|--------------|---------|
| | | | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
| I | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Рис | Урожайность, т/га | Фазовый прогноз | Низкий | Высокий | Низкий | Около тренда | Высокий |
| | | Количественный прогноз | 1,95 | 2,81 | 1,83 | 2,33 | 2,86 |
| | | Плановая | 2,95 | 2,89 | 2,90 | 2,90 | 2,70 |
| | | Фактическая | 1,83 | 2,44 | 1,77 | 2,83 | 2,84 |
| | Валовый сбор, т | Плановый | 16520 | 15606 | 14790 | 14500 | 12150 |
| | | Фактический | 10249 | 14537 | 9133 | 14167 | 12850 |
| | Посевная площадь, га | Плановая | 5600 | 5450 | 5150 | 5000 | 4500 |
| | | Фактическая | 5600 | 5550 | 5150 | 5000 | 4500 |
| | Себестоимость, руб/т | Плановая | 272,00 | 287,60 | 306,60 | 304,10 | 363,20 |
| | | Фактическая | 358,30 | 311,60 | 392,50 | 383,70 | 393,40 |
| | Реализационная цена, руб/т | Фактическая | 339,50 | 346,80 | 388,20 | 377,20 | 392,00 |

Продолжение таблицы 9.10

| I | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|----------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ячмень | Урожайность, т/га | Фактическая | 1,90 | 2,57 | 1,79 | 0,36 | 1,57 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 430 | 450 | 450 | 345 | 228 |
| | Себестоимость, руб/т | Фактическая | 95,0 | - | 94,9 | 168,0 | - |
| Овес | Урожайность, т/га | Фактическая | 2,33 | 2,03 | 3,22 | 1,41 | 2,61 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 220 | 200 | 400 | 200 | 217 |
| | Себестоимость, руб/т | Фактическая | 95,0 | - | 94,9 | 168,0 | - |
| Соя | Урожайность, т/га | Фактическая | 0,43 | 0,53 | 1,52 | 0,91 | 0,94 |
| | Посевная площадь, га | Фактическая | 200 | 250 | 250 | 130 | 150 |
| | Себестоимость, руб/т | Фактическая | 239,7 | 556,0 | 148,0 | 245,0 | 509,6 |

денные расчеты, при ориентации на второй вариант хозяйственной самостоятельности, годовой план невозможно было выполнить только в 1981 и 1983 гг. Это же подтверждается результатами расчетов выполненных в предположении, что задача оптимизации структуры посевных площадей решается на основе применения идеального прогноза. Ориентируясь на второй вариант хозяйственной самостоятельности и следуя полученным рекомендациям в стратегии полного доверия прогнозу, в совхозе Новосельский за рассматриваемый период получили бы дополнительно от 418 до 8482 т риса в зависимости от соотношения посевных площадей с различным типом почв.

При сравнении расчетных валовых сборов риса при ориентации на долгосрочный синоптико-статистический прогноз урожайности и действительно возможных валовых сборов при той же ориентации оказалось, что ошибка рассчитанных валовых сборов составляет от 1 до 25 % (табл. 9.II).

По результатам расчетам расчетов для третьего варианта хозяйственной самостоятельности в стратегии полного доверия рекомендациям пятилетний план по валовому сбору риса был бы выполнен, но правильный севооборот был бы нарушен. В результате за пять лет было бы получено 57296 т риса, 7082 т сои, 3515 т овса и 2344 т ячменя, прибыль по хозяйству составила бы 299935 руб. В процентном отношении к фактическому валовому сбору это составило - 95 % валового сбора риса, 82,6 % валового сбора сои, 115 % валового сбора овса и 72 % ячменя.

В процессе работы было выполнено около 500 расчетов по модели для всех рисоводческих хозяйств Приморья. При наличии компьютерной техники программа для расчетов и методические указания по ее использованию могут быть предоставлены ка-

Таблица 9.11

Расчетный валовый сбор риса при втором варианте хозяйственной самостоятельности
в совхозе Новосельский за 1981-1985 гг.

| Годы | Валовое производство риса за 1981-1985 гг., т | | | | | | Ошибка расчетного валового сбора (%) |
|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|--|
| | Расчитанное в стратегии полного доверия прогнозу | | | Действительно возможный валовый сбор | | | |
| | Варианты соотношения площадей с различным типом почв | | | Варианты соотношения площадей с различным типом почв | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| 1981 | 12475 | 10099 | 8317 | 12298 | 9955 | 8198 | 1,4 |
| 1982 | 15606 | 15606 | 15606 | 13771 | 13771 | 13771 | 11,7 |
| 1983 | 11707 | 9477 | 7805 | 11894 | 9629 | 7930 | 1,6 |
| 1984 | 14500 | 14500 | 14500 | 18194 | 18194 | 18194 | 25,4 |
| 1985 | 12150 | 12150 | 12150 | 12261 | 12261 | 12261 | 0,9 |
| Сумма | 66438 | 61832 | 58378 | 68418 | 63810 | 60354 | |

федрой метеорологии Дальневосточного государственного университета, где была выполнена данная работа, в любое рисоводческое хозяйство.

9.4. Перспективы совершенствования системы метеорологического обеспечения сельского хозяйства на современном этапе (на примере рисоводства)

Итак, современное сельское хозяйство, несмотря на рост уровня культуры земледелия еще в значительной мере зависит от климатических и погодных условий. Усиливающаяся нестабильность климатической системы, наблюдаемая в настоящее время, привела к увеличению риска в земледелии во многих районах Советского Союза [21, 27, 31, 34, 46, 49, 51, 62, 135, 139, 141, 144, 152, 173, 196, 212, 215, 228 и др.] и за рубежом [II, 243, 249, 253, 256, 257, 260, 264, 265, 269, 272, 274, 276] . Устранить и уменьшить, в определенной мере, зависимость сельского хозяйства от метеорологических условий предлагается с помощью гибкой, дифференцированной системы метеорологического обеспечения данной отрасли народного хозяйства на всех уровнях принятия хозяйственных решений [20, 42, 43, 52, 72, 73, 106, 167, 275] .

Ранее установлено, что неудачи рисоводов края в XI и в начале XII пятилеток, обусловленные наблюдающейся климатической флуктуацией (средняя месячная температура воздуха в июне по зоне рисосеяния за X пятилетку составила 17,8 °С, а за XI - 16,3 °С) в определенной мере, подорвали былой престиж этой отрасли сельского хозяйства. Более того, высказываются мнения о переориентации рисосеющих хозяйств на выращивание других сельскохозяйственных культур и животно-

водство. По-видимому, это нецелесообразно, поскольку большинство климатологов, как советских, так и зарубежных, полагает, что ^впредстоящие десятилетия ожидается глобальное повышение температуры воздуха [30, 31, 57, 250, 260, 270, 284 и др.] .

В данном случае нельзя не остановиться на вопросе о том, какую реальную климатическую информацию и в каком виде имели руководящие рисоводством Приморья органы во второй половине 70-х годов, когда существовала возможность принятия конкретных хозяйственных действий второго и третьего уровней, направленных на снижение ущерба, понесенного в XI пятилетке рисоводами края.

Характеристика климатических условий Приморского края дана в работах [4, 194, 197, 220], в том числе применительно к рисоводству в [4, 223, 224]. Особого внимания заслуживает исследование В.К. Храмцовой [220], в котором приводится подробная климатическая характеристика территории Приморского края за отдельные месяцы. К сожалению, ни в одной из указанных работ не был рассмотрен временной ход, не выявлены и не оценены тренды, не исследованы естественные колебания средних месячных температур, за период инструментальных наблюдений. Следовательно, какая-либо информация о климатических флуктуациях, которые имели место за период инструментальных наблюдений, отсутствовала.

Таким образом, существующая во второй половине 70-х годов региональная климатическая информация не позволяла рисоводам края предполагать о возможности предстоящего понижения температур в первой половине 80-х годов, и, естественно, предпринять какие-либо действия, направленные на уменьшение возможного ущерба. Кроме того, согласно [25] в восьми годах

из десяти предполагался урожай выше 3,0 т/га.

В настоящее время за рубежом проводятся симпозиумы и курсы по вопросам образования и подготовки кадров в метеорологии [20], где подчеркивается роль гидрометеорологической информации в экономической и социальной жизни и необходимость обучения различных слоев населения метеорологии и климатологии. Эти проблемы являются чрезвычайно важными и актуальными и для Российской Федерации, поскольку дефицит метеорологических знаний и информации существует не только среди населения, но и среди работников сферы производства и, как видно из вышесказанного, на уровне органов управления сельским хозяйством. Другим, не менее важным вопросом, который следует также решать в ближайшее время, является вопрос о необходимости представления метеорологической информации в компактной, наглядной и легкоанализируемой форме. Существующие формы и виды представления метеорологической информации (климатической и прогностической), конкретному потребителю только в виде печатной продукции, в соответствии со сложившимися до 1991 г. схемами гидрометобеспечения народного хозяйства, не отвечает современным требованиям [108].

Реорганизация системы управления сельским хозяйством, предоставление большей экономической самостоятельности земледельцу требует и новых видов метеорологического обеспечения. В первую очередь, и с достаточной заблаговременностью, метеорологическая информация должна поставляться специалистам первичных звеньев сельскохозяйственного производства: главным специалистам хозяйств, управляющим, бригадирам. Одним из возможных вариантов оперативной доставки и наглядного представления метеорологической информации, с последую-

шим анализом системы: климат – погода – урожай – прибыль, могут быть каналы компьютерной связи, которая в настоящее время нашла широкое распространение в практике метеорологического обеспечения Потребителя различного ранга за рубежом [261, 266, 271, 275 и др.]. О необходимости таких исследований у нас в стране говорится в работах [115, 198].

Анализ проведенного нами и изложенного в данной работе исследования, позволили выделить несколько основных направлений в совершенствовании системы метеорологического обслуживания сельского хозяйства на современном этапе [173]:

– проведение исследований в области оценки возможных изменений климата данного региона и их влияние на хозяйственную деятельность конкретного объекта или отрасли сельского хозяйства, или в целом агропромышленного комплекса, расположенного на данной территории;

– разработка комплексных схем обслуживания Потребителя, включающих сведения не только прогностического, но и режимного характера;

– разработка схемы прогноза продуктивности севооборота;

– создание блок-схемы и банка данных для конкретного потребителя на носителях (дискетах) для мини компьютеров;

– создание программного обеспечения моделей: климат – погода – урожай для компьютерных систем;

– популяризация знаний о климате и погоде (районов проживания) среди работников различных отраслей народного хозяйства и в первую очередь – сельского хозяйства;

– создание методов и способов прогнозов погоды, ориентированных на конкретного Потребителя, с заданной заблаговременностью и успешностью;

- разработка новых и усовершенствование существующих методов выбора оптимальных стратегий потребителя по данным о климате и погоде;

- разработка методик использования метеорологической информации всех видов конкретными потребителями различного ранга.

Реализация программного обеспечения отдельной отрасли сельского хозяйства, например, рисоводства в Приморском крае может быть осуществлена на основе выполненного исследования. Блок-схема метеорологического обеспечения с помощью компьютера на уровне хозяйства или районного агропромышленного объединения может иметь следующий вид:

I блок - "Климат"

K_{1a} - динамико-статистические оценки климата (минимальные, максимальные, средние многолетние значения, коэффициенты асимметрии, эксцесса, вариации, линейные тренды, скользящие средние), рассчитанные для отдельных элементов погоды и для комплексных характеристик по среднемесячным данным;

$K_{1б}$ - те же характеристики и оценки по декадным данным;

$K_{1в}$ - те же характеристики и оценки по пентадным данным;

K_2 - климатические характеристики явлений погоды (повторяемость, крайние значения, продолжительность существования);

K_3 - рассчитанные климатически оптимальные стратегии по метеоролого-экономическим моделям дискретного и непрерывного типов;

K_4 - сценарии возможных климатических изменений (по экспертным оценкам, либо эталонные ситуации по классам, рас-

считанные по данным за весь период инструментальных наблюдений);

K_5 - сведения об экономике хозяйства по годам (посевные площади, урожай, валовой сбор, продано государству, себестоимость, закупочная цена, общий баланс по хозяйству (и сверхдолгосрочный прогноз трендовой составляющей урожая);

K_6 - микроклимат сельскохозяйственных массивов с учетом почвенных различий (карты-схемы районирования по микроклиматообразующим факторам, карты-схемы культур севооборотов по величине и устойчивости урожая, микроклиматические поправки на тип погоды, карты-схемы пространственно-временного распределения опасных и стихийных метеорологических явлений, вертикальные профили в травостое риса и т.д.);

K_7 - сведения об агротехнике, удобрениях, вредителях болезнях сельскохозяйственных культур, фенофазах, гидрологические данные.

II блок - "Прогноз"

P_1 - перечень всех существующих метеорологических, агрометеорологических и гидрологических прогнозов, используемых в данном хозяйстве (заблаговременность, оправдываемость, область применения, оптимальные стратегии);

P_2 - блок моделирования прогноза продуктивности севооборота в хозяйстве (4 варианта);

P_3 - оперативные долгосрочные прогнозы (средняя месячная температура, сумма температур выше 10°C , среднее месячное количество осадков, числа часов с осадками, индекса засушливости Педя, тип распределения декадной температуры воздуха и другие прогнозы);

P_4 - оперативные краткосрочные прогнозы (прогнозы опа-

СНЫХ И СТИХИЙНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ).

III блок - "Фактическая погода"

Φ_1 - сведения о фактической погоде (месячные, декадные, пентадные, суточные, опасные и стихийные метеорологические явления);

Φ_2 - данные о датах наступления фаз, состоянии посевов);

Φ_3 - сведения о реализованных хозяйственных решениях;

Φ_4 - данные об убытках по метеорологической причине и др.

357
В конкретных хозяйствах структура и объем необходимой метеорологической информации могут существенно отличаться от приведенных выше. Основными причинами этого могут быть: физико-географические особенности территорий, на которых располагаются рисоводческие хозяйства; возможности организаций занимающихся обслуживанием потребителя метеорологической информацией; потребности специалистов сельскохозяйственного производства (агрономов, гидротехников, бригадиров и т.д.), принимающих хозяйственные решения, в метеорологической информации различных форм и видов.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

I. Метод взаимной биокompенсации в рисосеянии имеет ряд специфических особенностей и предполагает индивидуальный подход при решении этой задачи. Впервые выбор сельскохозяйственной культуры для этой цели предполагается осуществлять при помощи матриц сопряженности знаков отклонений урожайности от тренда. Разработаны количественные критерии для выбора, сопряженных с точки зрения биокompенсации,

культур или сортов.

2. Разработка и реализация моделей принятия хозяйственных решений на основе метеорологической информации должна осуществляться с учетом метеоролого-технологических схем. Каждая МТС должна быть дополнена оценками экономической полезности прогнозов погоды, а также рекомендациями об оптимальной стратегии потребителя, ориентирующегося в своей хозяйственной деятельности на данную прогностическую информацию.

3. Разработано новое перспективное направление в агрометеорологическом обслуживании специализированных хозяйств (на примере рисоводческого) – моделирование продуктивности всего севооборота в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности. Теоретической основой, которого являются комплексное использование различных видов метеорологической информации и количественные зависимости между факторами внешней среды и урожайностью сельскохозяйственных культур.

4. Разработанная и подробно изложенная в виде блок-схем модель позволяет решать не только традиционную задачу по оптимизации структуры посевных площадей на уровне отдельного хозяйства, но может быть использована и для других исследований:

– для выбора оптимальной, с точки зрения экономической полезности, стратегии потребителя;

– для оценки влияния ошибки прогноза урожайности культур до сева и определения его пороговой оправдываемости, при которой целесообразно с экономической точки зрения использовать данный прогноз на практике;

– для оценки влияния того или иного соотношения площа-

дей с различным типом почв на результаты хозяйственной деятельности и решения вопроса о необходимых и достаточных объемах работ в каждом конкретном хозяйстве по минерализации торфяников;

- использовать данную модель не только для статического, но и динамического моделирования продуктивности севооборота специализированного хозяйства и др. исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рисоводство является перспективной и наиболее рентабельной отраслью сельскохозяйственного производства, несмотря на то, что основная часть зоны рисосеяния страны расположена вдоль северной границы мирового ареала распространения этой культуры. Для получения высоких и устойчивых урожаев риса в этих районах, а также для уменьшения потерь, что особенно актуально в настоящее время, по метеорологическим причинам необходимо совершенствовать формы и методы метеорологического обеспечения рисоводства с целью наиболее полного использования климатических и погодных ресурсов на современном уровне.

Использование климатической информации при принятии хозяйственных решений в сельскохозяйственном производстве, в том числе и в рисоводстве, возможно по четырем основным направлениям: динамико-статистические оценки климата, прогноз климатических изменений и оценка их влияния на хозяйственную деятельность, выбор климатологически оптимальных стратегий и социально-экономические аспекты климатической изменчивости. Роль прогностической информации при выборе хозяйственных решений должна возрастать по мере роста хозяйственной самостоятельности производителей сельскохозяйственной продукции. В период перехода гидрометслужб на специализированное обслуживание потребителей метеорологической информации различного уровня на договорную (платную) основу, важное внимание должно быть уделено оценке экономической полезности прогнозов, выбору оптимальных стратегий, своевременному доведению метеорологической информации (МИ) до потребителя. Поэтому данная диссертационная работа

посвящена научному обоснованию комплексной схемы агрометеорологического обеспечения важной отрасли сельскохозяйственного производства - рисоводства, разработке методов прогнозирования продуктивности не только специализированной культуры, но и основных зернобобовых культур, составляющих севообороты риса. В ней были развиты некоторые положения теории прогнозирования урожайности и элементов погоды, определяющих ее; разработаны модели, позволяющие рассчитывать продуктивность всего набора культур севооборота в зависимости от степени экономической самостоятельности рисоводческих хозяйств.

К основным результатам работы, относятся следующие

1. Исследована динамика урожайности риса во всех основных районах его выращивания. Выявлена квазисинхронность колебаний в ходе трендовой составляющей урожайности, обусловленной культурой земледелия и долгопериодными колебаниями климата, и аппроксимированной полиномом третьей степени. Оценен вклад составляющих урожайности по всем основным районам рисосеяния страны. Разработан метод и определены сопряженные по аномалиям урожайности риса, районы зоны рисосеяния страны для целей взаимной биокомпенсации.

2. Обобщены исследования об особенностях климата северных районов рисосеяния. Впервые для целей рисоводства исследована пространственно-временная структура средних месячных температур воздуха по данным за весь период инструментальных наблюдений - для юга Дальнего Востока. Выявлены и оценены линейные тренды в ходе средних месячных температур, установлена синхронность в ходе скользящих средних по пятилетиям температур воздуха трендовой составляющей урожайности риса.

3. Исследована пространственно-временная изменчивость

полей сумм температур выше 10°C при помощи аппарата разложения по естественным ортогональным составляющим. Физический смысл зависимостей между первым коэффициентом разложения C_I и аномалиями урожайности заключается в том, что C_I описывает изменения сумм температур под воздействием зональной составляющей крупномасштабной атмосферной циркуляции. При которой на территорию Приморского края осуществляется перенос теплого сухого континентального воздуха с северо-восточных районов Китая, что приводит к формированию повышенного температурного фона и благоприятно сказывается на урожайности теплолюбивых культур особенно в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока. Исследовано влияние комплексных характеристик (индекса засушливости по Д.А. Педю и типов погоды) на формирование урожайности риса и культур составляющих его севооборота.

4. Впервые разработаны методологические основы (от теоретического обоснования до создания конкретных рассчитанных схем) синоптико-статистического прогноза урожайности риса до сева. Установлено, что при разработке синоптико-статистической модели прогноза урожайности сельскохозяйственных культур необходимо строить многопараметрические схемы, которые учитывали бы особенности циркуляции стратосферы, тропосферы и теплового состояния подстилающей поверхности.

Осуществлено научное обоснование взаимосвязи между циркуляционными факторами атмосферы, тепловым состоянием подстилающей поверхности и аномалиями урожайности риса и зернобобовых культур его севооборотов.

Установлено, что сложные процессы взаимодействия океана и атмосферы, а также тропосферы и стратосферы над Дальним Востоком приводят к формированию определенного погодного ре-

зима в Приморье и, в частности, по зоне рисосеяния. Связь между атмосферной циркуляцией и колебаниями урожайности рассматривается в следующей последовательности: взаимодействие океана и атмосферы — тип погоды — микроклимат — урожайность.

5. Выявлено, что в годы перед высокой урожайностью риса в Приморском крае в течение предшествующего зимнего периода (ноябрь—март) над Дальним Востоком преобладают меридиональные формы циркуляции, центр ЦПВ располагается, как правило, юго-восточнее своего обычного положения, высотная дальневосточная ложбина получает значительное развитие в меридиональном направлении. Высотная фронтальная зона и гидрологический фронт занимают более южное положение, ледовитость Охотского моря, как правило, выше нормы.

В вегетационный период в урожайные годы над большей частью Дальнего Востока и дальневосточными морями доминирует зональный перенос, происходит сохранение ЦПВ, что усиливает циклоническую деятельность над северными районами Дальнего Востока. Над Японским морем, Приморьем и Корейским полуостровом, как правило, расположен отрог северо-тихоокеанского антициклона, положительные аномалии температуры поверхности воды Японского моря способствуют увеличению теплодачи, повышению энтальпии атмосферы в районах, близких к очагу аномалии, образованию высотного гребня, продвижению ВФЗ к северу. В результате чего по зоне рисосеяния Приморского края устанавливается антициклональный засушливый тип погоды с повышенной инсоляцией, что приводит к росту сумм температур. С повышением температуры воздуха увеличивается интенсивность дыхания растений риса и, как следствие, урожайность.

6. В годы перед низкой урожайностью риса ЦПВ, как правило, расположен севернее своего обычного положения, над Дальним Востоком наблюдается интенсивный зональный перенос, высотная дальневосточная ложбина слабо выражена. ВФЗ занимает более северное положение, циклоны, перемещающиеся вдоль ВФЗ, чаще выходят на акваторию Охотского моря, на большей части территории Дальнего Востока формируются положительные аномалии температуры воздуха, ледовитость Охотского моря, как правило, ниже нормы.

Выявлено, что в теплое полугодие в низкоурожайные годы, чаще осуществляются меридианальные формы циркуляции, особенно центральная и западная, при которых над средним течением р. Амур и южными районами Хабаровского края стационарирует высотный циклон (H_{500}). Отрицательные аномалии температуры воды Японского моря с апреля по сентябрь также способствуют формированию высотной ложбины над Приморьем. У поверхности Земли усиливается адвекция относительно холодных влажных воздушных масс, при увеличении облачности увеличивается число дней и часов с осадками, туманами, уменьшаются инсоляция и суммы активных температур. При таких погодных условиях урожайность риса падает, развиваются пирикулярриоз, пустозерность и снижается вес зерновок.

7. Составлена блок-схема синоптико-статистического метода прогноза урожайности риса. Разработаны способы прогноза трендовой составляющей урожайности. Впервые применен линейный дискриминантный анализ для прогнозирования случайной составляющей урожайности риса (ΔP) и культур его севооборотов. Разработаны правила статического комплексирования прогноза ΔP на основе сочетания знаков нескольких

линейных дискриминантных функций. Установлено, что ширина градаций ΔP , при составлении фазового прогноза, должна выбираться с учетом величины и знака коэффициентов асимметрии и эксцесса временных рядов урожайности. Разработаны правила, позволяющие осуществить переход, от фазового прогноза к количественному. Оправдываемость прогноза средней по краю урожайности риса до сева, по данным оперативной проверки, проведенной в Приморском гидрометцентре на материалах за 1988-1990 гг., составила около 95 %.

8. Разработаны эмпирическая модель квазидвухлетней цикличности аномалий урожайности риса и погоды на юге Дальнего Востока и метод прогноза сбоя квазидвухлетней цикличности. Возникновение сбоев, по-видимому, связано с фактором "раскачки" циркумполярного вихря возле положения равновесия. В зависимости от мощности ЦПВ во взаимодействие вовлекаются различные по объему массы воздуха. При достижении ими какого-то критического значения инерция^И климатической системы уже не преодолеть их сопротивление и соответственно происходит сбой периодичности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что "дирижером" развития направленности физических процессов в незамкнутой системе атмосфера - океан - подстилающая поверхность в первой части модели зима-лето является атмосфера, в частности циркуляция на нижнем уровне стратосферы. Механизм формирования климатических особенностей, по-видимому, следует рассматривать как некую разрывную автоколебательную систему с неперiodическим внешним воздействием.

9. Высказана гипотеза о том, что одним из возможных путей повышения качества долгосрочного прогнозирования яв-

ляется учет естественных колебаний (климатических флуктуаций) климата. На ее основе разработан синоптико-климатический метод прогноза аномалий средней месячной температуры воздуха и теплообеспеченности вегетационного периода. Определяемость прогнозов, составленных авторским методом на независимой выборке (1985-1988 гг.) выше, чем определяемость прогнозов, рассчитанных по официальному методу.

10. Разработан и внедрен в практику метеорологического обеспечения рисоводства и других отраслей народного хозяйства синоптико-статистический прогноз аномалий месячных сумм осадков и числа часов с осадками на основе линейного дискриминантного анализа и специально разработанных правил динамического комплексирования. Определяемость прогнозов, по данным оперативных испытаний, составила около 80 %.

11. Разработано новое перспективное направление в агрометеорологическом обслуживании специализированных хозяйств (на примере рисоводческого) - моделирование продуктивности культур всего севооборота в зависимости от степени хозяйственной самостоятельности и биоклиматических ресурсов территорий. Теоретической основой, которого являются комплексное использование различных видов метеорологической информации и количественные зависимости между факторами внешней среды и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Исследована чувствительность моделей продуктивности севооборота специализированного хозяйства к изменению параметров и структуры моделей, а также исходной прогностической информации. Исследована изменчивость параметров модели в зависимости от стратегии потребителя МИ.

Разработанная и подробно изложенная в виде блок-схем, модель позволяет решать не только традиционную задачу по оптимизации структуры посевных площадей на уровне отдельного хозяйства, но может быть использована и для других исследований:

— для выбора оптимальной, с точки зрения экономической полезности, стратегии потребителя;

— для оценки влияния ошибки прогноза урожайности культур до сева и определения его пороговой оправдываемости, при которой целесообразно с экономической точки зрения использовать данный прогноз на практике;

— для оценки влияния того или иного соотношения площадей с различным типом почв на результаты хозяйственной деятельности и решения вопроса о необходимых и достаточных объемах работ в каждом конкретном хозяйстве по минерализации торфяников;

— использовать данную модель не только для статического, но и динамического моделирования продуктивности севооборота специализированного хозяйства и др. исследований.

Выполненные исследования представляют собой теоретическое обобщение и решение актуальной проблемы в области метеорологического обеспечения одной из важнейших отраслей сельского хозяйства — рисоводстве. Эта одна из первых попыток комплексного подхода к решению конкретной хозяйственной задачи, в которой рассмотрен широкий круг вопросов, принадлежащих к различным направлениям гидрометеорологической науки: климатологии, синоптической метеорологии, агрометеорологии, микроклиматологии, долгосрочным прогнозам погоды, метеорологическому обеспечению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумова В.А., Курилова Ю.В., Семи В.А. Циклические колебания гидрометеорологических характеристик и биомониторинг антропогенных изменений//Пробл. экол. мониторинга и моделир. экосистем (Ленинград). - 1989. - 12. - С. 18-31.
2. Абдуллаев Х.М., Муминов Ф.А. К методике прогноза урожая риса в Узбекистане// Тр. САРНИГМИ. - 1978. - Вып. 56(137). - С. 34-44.
3. Абдуллаев Х.М. Некоторые особенности температурного режима рисового поля//Тр. САРНИГМИ. - 1978. - Вып. 56(137). - С. 45-49.
4. Агроклиматические ресурсы Приморского края. - Д.: Гидрометеиздат, 1973. - 148 с.
5. Алексеев В.Г. О выделении тренда периодически-коррелированного временного ряда//Изв. АН СССР. Физ. атмос. и океана. - 1987. - 23, № 3. - С. 249-255.
6. Алексеев В.Г. К статистическому анализу трендов климатических// Изв. АН СССР. - 26, № 6, - С. 563-570.
7. Алексин Л.Ф. Оценка результатов труда с учетом погодных условий//Экономика сельского хозяйства. - 1978. - № 8. - С. 34-39.
8. Алешин Е.П., Чеботарев М.И., Попов В.А., Галкин Г.А., Пеньков Н.И. Астраханский рис// Степные просторы. - Астрахань, 1984. - № II. - С. 31-36.
9. Анжина Г.И., Емельянова В.П. Использование процедуры двойного "просеивания" предикторов при прогнозе аномалий средней месячной температуры воздуха// Тр.

ДВНИГМИ. - 1988. - Вып. 139. - С. 10-14.

10. А п а с о в а Е.Г. Районирование основных сельскохозяйственных территорий СССР по режиму осадков методом кластерного анализа // ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск. - 1987. 60 с. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - № 593. - гмд-87.

11. А р а к а в а Х. Метеорологические условия больших неурожаев риса в Японии во вторую половину периода Токугава. // Изменения климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - С. 38-56.

12. Б а б а я н Н.М., Б р у с и л о в с к и й П.М. Комплексирование альтернативных прогнозов, оптимальное по критерию Обухова и Багрова // Метеорология и гидрология. - 1987. - № 12. - С. 25-33.

13. Б а г р о в Н.А., Б а т ы р е в а О.В. К вопросу об оптимальном числе предсказателей // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1975. - Вып. 159. - С. 3-13.

14. Б а г р о в Н.А. Объединение нескольких прогнозов // Метеорология и гидрология. - 1982. - № 8. - С. 5-12.

15. Б а г р о в Н.А., К о н д р а т ь е в К.В., П е д ь Д.А., У г р ю м о в А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 248 с.

16. Б а й д а л М.Х., Н е у ш к и н А.И. Макроциркуляционные факторы и прогноз засух в основных сельскохозяйственных районах. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 140 с.

17. Б а т ы р е в а О.В., Л у к и я н о в а Л.Е. Особенности распределения крупных аномалий температуры воздуха и осадков на территории СССР // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1986. - № 262. - С. 3-17.

18. Б а у м а н И.А. Использование некоторых характеристик циркумполярного вихря для прогноза аномалий темпера-

туры воздуха в северо-восточных районах Атлантики//Сб. Вопросы анализа и прогноза погоды. - Серия "Метеорология и гидрология". - Вып. 9(117). - Деп в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - 1981. - № 110.

19. Б е л е н ь к и й Д.Х., Ж у к о в с к и й Е.Е. О многомерных задачах принятия решений на основе климатических данных// Тр. ИГО. - 1974. - Вып. 336. - С. 148-158.

20. Б е р н а р Э.А. Специализированные курсы обучения агрометеорологии в Бельгии - вклад в решение продовольственной проблемы в развивающихся странах// Бюлл. ВМО. - 1985. - 34. - № 3. - С. 283-290.

21. Б е р р и Б.Л., М я г к о в С.М., Ф р е й д л и н а В.С. Синхронные изменения активности опасных явлений и их прогноз// Вестник МГУ, сер. географ. - 1986. - Вып. 3. - С. 23-30.

22. Б о н д а р е н к о Н.Ф., Ж у к о в с к и й Е.Е., М у ш к и н И.Г. и др. Моделирование продуктивности агроэкосистем. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 264 с.

23. Б о н д а р е н к о Н.Ф., П о л у э к т о в Р.А., Я к у ш е в В.П. Имитационные модели и методы принятия решений при прогнозировании урожаев//Докл. ВАСХНИЛ. - 1986. - № 2. - С. 5-7.

24. Б о р и с е н к о в Е.П. Принципы и статистические методы оптимизации (комплексирования) прогнозов// Метеорология и гидрология. - 1982. - № 9. - С. 5-14.

25. Б о р и с е н к о в Е.П., П о л о з о в В.В. Экспертная оценка изменений климата до конца XX - начала XXI вв.//Тр. ИГО. - 1986. - № 503. - С. 40-50.

26. Б о р и с о в а Л.Е., Г р и г о р О.Ю., Р у м я н-

цева Э.П. К вопросу о реализации принципа комплексирования//Тр. ГГО. - 1986. - № 503. - С. 172-175.

27. Брагинская Л.Л., Утина Э.М. Некоторые оценки экономической эффективности исследований изменений климатических условий под влиянием орошения// Тр. Каз. регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та. - 1990. - № 105. - С. 76-82.

28. Бродский Е.Г., Муминов Ф.А. Тематика и содержание климатических и агроклиматических карт для атласа хлопководства Узбекской ССР//Тр. Среднеаз. регион. НИИ Госкомгидромета. - 1986. - № 121/202. - С. 56-62.

29. Брусиловский П.М. Многокритериальная оценка методов прогнозирования и задача комплексирования альтернативных прогнозов//Метеорология и гидрология. - 1986. - № 10. - С. 18-25.

30. Будыко М.И. Климаты в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеиздат. - 1980. - 350 с.

31. Будыко М.И., Голицин Г.С., Израэль Ю.А. Глобальные климатические катастрофы. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 159 с.

32. Бут В.И. Термические условия возделывания риса в Астраханской области. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 64 с.

33. Винаров А.З., Мушкин И.Г. Перспективы развития информационного обеспечения экспериментов в агромониторинга//Техн. средства агромониторинга. - Л., 1989. - С. 19-26.

34. Винников К.Я. Чувствительность климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 226 с.

35. Виноградова Г.М., Завалишин Н.Н.

Один из факторов формирования условий погоды.//Анализ и прогноз многолетних временных рядов. - Новосибирск, 1988. - С. 59-62.

36. В и н о г р а д о в а Г.М., Р о м а н о в Л.Н. Долгосрочный статистический прогноз с учетом предьстории// Анализ и прогноз многолетних временных рядов. - Новосибирск, 1988. - С. 75-84.

37. В и т ч е н к о А.Н., П о л е в о й А.Н. Оценка воздействия возможных изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур//Вестн. Белорус. ун-та, 1988. - сер. 2. - № 22. - С. 61-65.

38. В и ш н е в с к а я В.Д. Влияние слоя затопления на температуру воды и почвы на рисовом поле//Тр. ДВНИИМИ. - 1978. - Вып. 74. - С. 63-69.

39. В о л к о н с к и й Н.Ю., В о л к о н с к и й Ю.Н. Оптимальная организация специализированного обеспечения прогнозами// Метеорология и гидрология. - 1985. - № 12. - С. 12-19.

40. В о л к о н с к и й Ю.Н., О н а н а ш в и л и Ю.Б. Две стратегии оптимального использования метеорологической информации при марковской последовательности погодных условий//Межвуз. сб. науч. тр./Ленингр. гидрометеорол. ин-т. - 1989. - № 104. - С. 87-93.

41. В о л к о н с к и й Н.Ю., В о л к о н с к и й Ю.Н., С т е п а н о в В.Г. Оптимизация стратегии использования метеорологических прогнозов при поэтапном планировании функциональных потребителей//Метеорологические прогнозы. - Л., 1985. - С. 147-155.

42. В о л ь в а ч В.В., У с т и н о в а О.К., Ш о-

с т а к З.А. Использование агрометеорологической информации в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур//Метеорология и гидрология. - 1988. - № 6. - С. 105-115.

43. В о л ь в а ч В.В., М а т у х н о В.Н., М о р г у н о в Ю.А. Автоматизированное построение карт прогноза эффективности азотных удобрений с учетом условий погоды// Метеорология и гидрология. - 1990. - № 5. - С. 98-102.

44. В о р о б ь е в а Т.И. Расчетные методы прогноза месячных сумм осадков на Дальнем Востоке с использованием некоторых факторов предсказателей// Тр. ДВНИИ. - 1983. - Вып. 109. - С. 3-11.

45. В о р о н и н а В.Ф. О связи между циркуляционными особенностями северо-западной части Тихого океана и условиями погоды на юге Дальнего Востока// Метеорология и гидрология. - 1979. - № 1. - С. 50-55.

46. Г а л к и н Г.А., З а й ц е в Ю.В. Роль температурного фактора в формировании урожайности риса в Краснодарском крае//Бюлл. научн.-техн. инфор. ВНИИ риса. - Краснодар. - 1985. - С. 33-38.

47. Г а л к и н Г.А., С т о л о в и ц к и й Р.Б. Результаты маркетинговых исследований по рису// Тез. докл. на конф. молодых ученых ВНИИ риса. - Краснодар, 1990. - С. 38-39.

48. Г л о б а л ь н ы й климат// Под ред. Дж. Хотона/ Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 501 с.

49. Г л у х И.С. Связь атмосферных процессов с основными элементами климата и гидроклиматическая характеристика аномальных по водности лет северных и центральных районов

Западной Сибири// Материалы метеорол. исслед. - М., 1987. - № 4. - С. 93-100.

50. Г о л и ц ы н Г.С. Изменения климата в настоящем и будущем//Метеорология и гидрология. - 1987. - № 6. - С. 116-121.

51. Г о р б а ч е в В.А. Методология статистического оценивания влияния возможных изменений климата на урожайность сельскохозяйственных культур//Пробл. агроклимат. обеспеч. прогр. СССР./Сб. докл. участников Всес. межвед. семина., Обнинск, 24-27 сент. 1984. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - С. 82-89.

52. Г р и н г о ф Г.И. Агрометеорологические исследования для обеспечения мероприятий Продовольственной программы страны/Агрометеорология - Продовольственной программе СССР. Докл. участн. Всесоюзной конф. "Гидрометеорологическое обеспечение мероприятий по выполнению Продовольственной Программы СССР. - Днепропетровск, октябрь 1983 г. - Л.: Гидрометеоздат, 1986. - С. 3-12.

53. Г р о й с м а н П.Я. Современные изменения атмосферных процессов Северного полушария//Изв. АН СССР. - Сер. геогр. - 1990. - № 3. - С. 20-30.

54. Г р у з а Г.В., Р а н ь к о в а Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 72 с.

55. Г р у з а Г.В., К а ч у р и н а Л.Р., Х в о с т о в а Р.Н. О выборе периода для оценки многолетних статистик средней месячной температуры воздуха//Метеорология и гидрология. - 1989. - № II. - С. 66-74.

56. Г р у з а Г.В., Р а н ь к о в а Э.Я., Р о ч е -

ва Э.В., Лапаева Л.В. Структура и изменчивость современного климата//Метеорология и гидрология. - 1990. - № 7. - С. 14-18.

57. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностный прогноз глобальной температуры воздуха у поверхности Земли на 1995-2000-2005 гг. - М., 1990. - 16 с. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 12.03.90, № 977-гм90.

58. Гулый В.К., Коженкова Э.П. Краткая климатическая характеристика Каратальского массива за вегетационный период риса//Сб. Казахского ун-та. - Сер. геогр. - 1974. - Вып. № 1. - С. 120-134.

59. Давитая Ф.Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. - М.: Гидрометеоиздат, 1964. - 131 с.

60. Дегтярева Г.В. Прогноз урожая яровой пшеницы до ее посева по инерционным факторам//Метеорология и гидрология. - 1973. - № 4. - С. 77-84.

61. Джоунс П., Вигли Т., Келли П. Колебания приземной температуры воздуха. Часть I. Северное полушарие, 1881-1980. - М.: Всесоюзный центр переводов (пер. с англ.). - 1983. - 28 с.

62. Дроздов О.А. Временная структура частоты засух и ее связь с урожайностью// Тр. ГГО. - 1976. - Вып. 378. - С. 136-145.

63. Дружинин И.П. Долгосрочный прогноз и информация. - Новосибирск, 1987. - 255 с.

64. Еремин П.Г. Квазидвухлетние колебания годовых сумм осадков Северного полушария// Тр. Гидрометцентра СССР. - 1987. - № 293. - С. 152-160.

65. Е р ы г и н П.С. Физиология риса/ Физиология сельскохозяйственных растений. - М., Из-во МГУ, 1969. - Т. 5. - Ч. 2. - С. 119-240.

66. Е с и п о в А.Г. Водный режим культуры риса. - Хабаровск, Дальгиз. - 1936. - 194 с.

67. Ж а п б а с б а е в М. Агроклиматические условия произрастания риса в континентальном климате (в Казахстане). - Л.: Гидрометеиздат. - 1969. - 168 с.

68. Ж е ж к о Р.Я. О фоновом прогнозе аномалий средней месячной температуры воздуха и распределения очагов засухливости и избыточного увлажнения по территории Дальнего Востока//Тр. ДВНИГМИ. - 1977. - Вып. 61. - С. 57-69.

69. Ж и т о р ч у к А.Т., Ж и т о р ч у к Ю.В. О возможности использования информации в процессе отбора предикторов для физико-статистических схем прогноза погоды//Тр. ГГО. - 1981. - Вып. 446. - С. 93-99.

70: Ж и т о р ч у к Ю.В., С т р а ш н е н к о Л.Е. Оптимизация структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур с учетом климатологической информации//Тр. ГГО. - 1983. - Вып. 446. - С. 104-109.

71. Ж и т о р ч у к Ю.В., С т р а ш н е н к о Л.Е. К вопросу об использовании долгосрочных прогнозов погоды для оптимизации сроков сева яровой пшеницы в Северном Казахстане//Тр. ГГО. - 1986. - № 505. - С. 139-150.

72. Ж у к о в В.А. Принцип оценки неблагоприятных погодных условий в системе "климат-урожай" с целью оптимизации размещения сельскохозяйственного производства// Тр. ВНИИСХМ. - 1981. - Вып. 4. - С. 13-31.

73. Ж у к о в В.А. К вопросу оптимизации размещения

сельскохозяйственных культур с учетом влияния неблагоприятных погодных условий// Метеорология и гидрология. - 1982. - № II. - С. 99-107.

74. Ж у к о в В.А., П о л е в о й А.Н., В и т ч е н к о А.Н., Д а н и е л о в С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 137 с.

75. Ж у к о в с к и й Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л.: Гидрометеиздат. - 1981. - 302 с.

76. Ж у к о в с к и й Е.Е., Б р у н о в а Т.М. О комплексном использовании прогнозов различной заблаговременности//Метеорология и гидрология. - 1982. - № 9. - С. 15-24.

77. Ж у к о в с к и й Е.Е. К развитию теории хозяйственного использования альтернативных прогнозов// Тр. ГГО. - 1989. - Вып. 525. - С. 124-134.

78. Ж у к о в с к и й Е.Е., С е п п Ю.В., Т о о м и н г Х.Г. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев// Метеорология и гидрология. - 1990. - № I. - С. 95-102.

79. З а б е л и н В.Н. Прогнозирование урожаев по взаимно коррелированным метеорологическим факторам методом гребневой регрессии// Метеорология и гидрология. - 1983. - № 8. - С. 104-108.

80. З а б е л и н В.Н., Ж и л и н с к а я Е.И. Методика прогноза средней областной урожайности всех зернобобовых культур по областям с использованием робастных процедур// Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - 1983. - № 229, гм83.

81. З а б е л и н В.Н. Количество предикторов и точ-

ность агрометеорологических регрессионных моделей//Метеорология и гидрология. - 1987. - № 5. - С. 102-105.

82. З а в а л и ш и н Н.Н. О системе комплексации долгосрочных метеорологических прогнозов//Тр. Зап.-Сиб. регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та. - 1990. - № 93. - С. 123-131.

83. З а й ц е в Ю.В., Г а л к и н Г.А. Формирование урожайности риса на Кубани в зависимости от термического фактора//Вестник с.-х. науки. - 1985. - № 8. - С. 82-85.

84. З о и д з е Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 221 с.

85. З о и д з е Е.К. Агрометеорологическое обоснование экономических показателей в сельском хозяйстве//Метеорология и гидрология. - 1990. - № 3. - С. 115-120.

86. З о л о т о к р ы л и н А.Н., К л и м а к о - в а Е.Н. Связь урожайности в зерновой зоне СССР с изменением факторов, обусловленных двухлетней цикличностью атмосферных процессов// Пробл. агроклимат. обеспеч. прод. прог. СССР. Сб. докл. участников Всес. межвед. семина., Обнинск, 24-27 сент., 1984. - Л., 1987. - С. 115-123.

87. З о л о т о к р ы л и н А.Н. О динамике экстремальности климата на Европейской части СССР//Геогр. прогнозир. природоохр. пробл. - М., 1988. - С. 108-118.

88. И в а н о в а В.М., К а л и н и н а В.Н., Н е ш у м о в а Л.А. и др. Математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1981. - 371 с.

89. И з р а э л ь Ю.А., К а ш т а н о в А.Н., У л а н о в а Е.С. и др. Экология, климат и влияние их изменений на сельское хозяйство СССР//Обеспеч. устойчивого развития с.-х. пр-ва и борьба с засухой: Матер. Сес. ВАСХНИЛ, Волго-

град 26-28 мая, 1987. - М., 1988. - С. 39-70.

90. И л ь и н с к и й О.К. Охотский антициклон// Тр. ДВНИГМИ. - 1959. - Вып. 7. - С.3-10.

91. И л ь и н с к и й О.К. Летняя дальневосточная депрессия//Тр. ДВНИГМИ. - 1960. - Вып. II. - С. 3-53.

92. И л ь и н с к и й О.К. Опыт выделения форм циркуляции над Дальним Востоком//Тр. ДВНИГМИ. - 1965. - Вып. 20. - С. 26-45.

93. И н с т р у к ц и я по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов/Под редакцией Е.С. Улановой. - М.: Гидрометеиздат, 1983. - 7 с.

94. К а з а н ц е в Ю.В. О проблеме долгосрочного прогноза погоды// Дальневос. н.-и. гидрометеорол. ин-т. - Владивосток, 1988. - 229 с. - Деп в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 1.9.88, № 819-гм88.

95. К а л а ч и к о в а В.С., Н и к о л а е в а Е.В. Календарь форм атмосферной циркуляции над Дальним Востоком. - Владивосток. - 1985. - 58 с.

96. К а л е н д о в А.А., Ф о м и н М.Г., П а н ч е н к о Г.В., Г л у б о к о в В.Н. О связях типов погоды с формами атмосферной циркуляции//Тр. ДВНИИ. - 1986. - Вып. 126. - С. 24-41.

97. К а л м ы к о в а В.В., Д о м б р о в с к а я Ф.А. Прогноз обеспеченности теплом вегетационного периода для Приморского края//Тр. ДВНИГМИ. - 1978. - Вып. 33. - С. 88-92.

98. К а н т е р Ц.А. Пространственная структура циркумполярных вихрей атмосферы и циркуляции в экваториальной зоне//Метеорология и гидрология. - 1980. - № 7. - С. 35-41.

99. Карасев Е.В., Ломакин А.Ф. Некоторые вопросы долгосрочного прогнозирования применительно к Дальневосточному региону//Тр. Дальневост. регион. н-и. гидрометеорол. ин-та. - 1990. - № 136. - С. 25-39.

100. Карпенко В.Н. Влияние изменения периода наблюдений на климатические характеристики атмосферных явлений//Тр. ИГО. - 1986. - № 501. - С. 54-59.

101. Кац С.А. О некоторых особенностях взаимосвязи возмущенности ПВЗ с температурным режимом океанической подстилающей поверхности// Тр. ВНИИГМИ-МЦД. - 1978. - Вып. 62. - С. 58-71.

102. Климатические ресурсы и их прикладное использование/Ред. Исаев А.А., Петросянц М.А. - М.: Из-во МГУ. 1989. - 159 с.

103. Коваленко В.Д., Кизим Л.Д., Пашестюк А.М. Анализ вариаций погоды и климата//Агро-клим. ресур. Сибири. - Новосибирск. - 1987. - С. 113-119.

104. Кондратьев К.Я. Природные и антропогенные изменения климата. - Л.: Наука, 1986. - 52 с.

105. Кононова Н.К. Циркуляционные факторы колебаний урожайности зерновых культур//Изв. АН СССР. Сер геогр. - 1988. - № 1. - С. 15-26.

106. Константинов Л.К. О понятиях и методах определения нормы и оптимума в агроклиматологии// Тр. Моск. центра по гидрометеорол. и наблюдению природн. среды Госкомгидромета. - 1988. - № 1. - С. 117-122.

108. Коровин В.И., Эм А.С. Применение линии трендов для оценки урожайности озимой пшеницы на перспективу в районах Краснодарского края//Совершенствование методов

прогноза урожая зерновых культур. - М., 1977. - С. 61-63.

109. К о р т а в а И.Н. Районирование Северного Кавказа по ущербу, наносимому сельскому хозяйству опасными агрометеорологическими явлениями//Сб. работ Гидрометеорол. центра Сев.-Кавк. УГКС. - 1987. - № 1/19. - С. 39-48.

110. К о с т ю к о в В.В. Об использовании методов объективного анализа при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур// Тр. Зап.-Сиб. регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та. - 1989. - № 91. - С. 75-79.

111. К р а с н я н с к а я В.П. Разработка методов агрометеорологических прогнозов урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур в Приморье//Тр. ДВНИИ. - 1985. - Вып. 112. - 120 с.

112. К р и в о л а п о в И.В. Рис на Дальнем Востоке. - Владивосток, 1971. - 315 с.

113. К р и в о л а п о в И.В., Х а ф и з о в Р.Н., К о в а л е в а А.А. Устойчивость риса к пирикулярнозу// Защита растений. - 1981. - № 5. - С. 10-20.

114. К р ы н д и н А.Н. Крупномасштабный тепло- и влагообмен между океаном и атмосферой и долгосрочный прогноз погоды//Тр. Гидрометцентра СССР. - 1970. - Вып. 64. - С. 91-102.

115. К у р т е н е р Д.А., У с к о в И.Б. Управление микроклиматом сельскохозяйственных полей. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1988. - 263 с.

116. Л е л е к о З.А. К прогнозу урожая риса//Тр. Гидрометцентра СССР. - 1980. - Вып. 214. - С. 75-79.

117. Л и б а н т о в а З.Я. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы в тихоокеанском районе Северного

полушария//Тр. ААНИИ. - 1986. - Вып. 406. - С. 90-93.

118. Л и с о г у р с к и й Н.И., П е т р и ч е в А.З., К о т л я р о в а В.С. К вопросу о вертикальной мощности летнего муссона над Советским Дальним Востоком// Тр. ДВНИИ.- 1986. - Вып. 119. - С. 78-86.

119. Л о г и н о в В.Ф., Р о ч е в а Э.В. Условия формирования крупных аномалий погоды//Тр. ИГО. - 1986. - Вып. 503. - С. 90-99.

120. М а р о х о н ь к о П.Н. Оплата труда с учетом погодных условий//Экономика сельского хозяйства. - 1978. - № 6. - С. 32-39.

121. М а с я г и н Г.П. Расчетные методы прогноза некоторых гидрометеорологических элементов и особо опасных явлений погоды на Сахалине//Тр. ДВНИИ. - 1981. - Вып. 97. - 125 с.

122. М а ю ч а я Л.В. О цикличности колебаний гидротермического режима юга Дальнего Востока// Сихотэ-Алин. биосферный р-н: фоновое состояние природных компонентов. - Владивосток. - 1987. - С. 17-25.

123. М е н ж у л и н Г.В., К о в а л ь Л.А., Н и к о л а е в М.В. и др. Об оценке агроклиматических последствий современных изменений климата. Сценарий для Северной Америки//Тр. ИГО. - 1987. - № 327. - С. 132-146.

124. М е т о д и ч е с к и е указания по технологии возделывания риса. - М., 1979. - 95 с.

125. М е т о д и ч е с к и е указания по проведению оперативных испытаний новых методов гидрометеорологических прогнозов. - Л.: Гидрометеонадат, 1985. - 61 с.

126. М е т о д и к а комплексной оценки экономическо-

го эффекта при принятии решений о проведении хозяйственных мероприятий и выборе оптимальных вариантов использования различных видов гидрометеорологической информации в отраслях народного хозяйства. - Л.: Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова. - 1991. - 103 с.

127. Мещерская А.В., Белякина И.Г. Тренды температуры воздуха в основных зернопроизводящих районах СССР за период инструментальных наблюдений// Тр. ГГО. - 1989. - Вып. 525. - С. 35-43.

128. Мещерская А.В., Маргасова В.Г., Голод М.П. Оценки инерционных и климатических прогнозов температуры и осадков в основных зернопроизводящих районах СССР// Тр. ГГО. - 1989. - Вып. 525. - С. 115-123.

129. Михайлов И.И., Дашко Н.А., Пестерева Н.М. Климатическое обоснование уточнения норм проектирования и эксплуатации энергосооружений на Сахалине// Вопросы моделир. атмосфер. процессов и использ. метеорол. информ. в народном хозяйстве Дальнего Востока. - Владивосток. - Из-во ДВГУ. - 1987. - С. 134-145.

130. Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур/Под ред. Ф.В. Пеннинга, де Фриза и Х.Х. ван Лоара. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 250 с.

131. Монокрович Э.И. Гидрометеорологическая информация в народном хозяйстве. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 155 с.

132. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Служба метеорологических прогнозов. Часть УІ. - М.: Гидрометеиздат, 1986. - 27 с.

133. Нерпин С.В., Жуковский Е.Е. О клас-

сификации уровней принятия хозяйственных решений в растениеводстве и земледелии// Докл. ВАСХНИЛ. - 1975. - № 2. - С. 3-5.

134. Н е р п и н С.В., П о л у э к т о в Р.А., У с к о в И.Б. Программирование урожаев как основа специального подхода к управлению продуктивности агроэкосистем// Сб. научн. тр. АФИ. - Л., 1984. - 56 с.

135. Н е с т е р е н к о А.Д. Проблемы сельскохозяйственного производства на юге Дальнего Востока. - Владивосток, 1990. - 240 с.

136. Н е у н ы л о в Б.А., К р и в о л а п о в И.Е. Проблемы рисосеяния на Дальнем Востоке. - Владивосток, 1970. - 75 с.

137. Н и к о л а е в Ю.В. Роль крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы в формировании аномалий погоды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - 51 с.

138. Н и к о л а е в М.В. Об экономической и погодноклиматической составляющих урожайности зерновых в США// Тр. ПТИ. - 1985. - № 339. - С. 48-60.

139. О б и с п о л ь з о в а н и и гидрометеорологических баз данных при принятии решений на объектах народного хозяйства//Тр. ВНИИГМИ-МЦД. - 1990. - № 151. - С. 24-41.

140. О б р а з ц о в А.С. Способ прогнозирования урожайности кормовых культур и продуктивности севооборотов// Сельскохозяйственная биология. - 1985. - № 2. - С. 103-118.

141. О б у х о в А.М., К у р г а н с к и й М.В., Т а т а р с к а я М.С. Динамические условия возникновения засух и других крупномасштабных погодных аномалий//Метеорология и гидрология. - 1984. - № 10. - С. 5-13.

142. О н а н а ш в и л и Ю.Б. Об оценке эффективности специализированных прогнозов// Метеорологические прогнозы.- Л., 1987. - С. 29-37.

143. П а в л о в Н.И. К вопросу об изменении периода квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере//Тр. ДВНИИ. - 1985. - Вып. 118. - С. 3-13.

144. П а в л о в а В.Н. О различных способах интерпретации климатической информации в задачах оценки влияния изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур//Тр. ВНИИСХМ. - 1986. - № 21. - С. 93-103.

145. П а г а в а С.Т. Особенности циркуляции в нижней стратосфере в сезонах и месяцах, экстремальных в отношении температуры. - М.: Гидрометеиздат, 1967. - 157 с.

146. П а н о в а Е.Н., Е с е р к е п о в а И.В. Роль стратосферного вихря в формировании среднесезонной температуры воздуха в Казахстане//Тр. Каз. регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та. - 1990. - № 106. - С. 70-76.

147. П а с о в В.М. Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур// Тр. ИЭМ. - 1971. - Вып. 22. - С. 82-88.

148. П а с о в В.М., А к с а р и н а Е.А., З и н ч е н к о В.П. Методическое указание по составлению прогноза урожайности яровой пшеницы до сева в основных районах ее выращивания. - М.: Гидрометеиздат. - 1982. - 30 с.

149. П а с о в В.М., Л е б е д е в а В.И., Л у б н и н М.Г. Синоптико-статистический подход при прогнозировании сроков сева и начала полевых работ// Тр. ГИЦ СССР. - 1988. - № 301. - С. 175-186.

150. П е д ь Д.А. О колебании циркумполярного вихря в

северном полушарии//Тр. Гидрометцентра СССР. - 1975. - Вып. 167. - С. 71-81.

151. П е д ь Д.А. О влиянии колебаний циркумполярного вихря на формирование условий погоды// Тр. Гидрометцентра СССР. - 1976. - Вып. 173. - С. 45-57.

152. П е д ь Д.А. О связи урожая зерновых культур с показателями атмосферной засушливости// Тр. Гидрометцентра СССР. - 1979. - Вып. 213. - С. 66-81.

153. П е р е в е д е н ц е в Ю.П., Ш а т а л и н - с к и й К.М. О взаимосвязи циркуляционных процессов тропосферы и стратосферы//Тр. Зап-Сид. регион. НИИ. - 1985 - № 68. - С. 9-14.

154. П е с т е р е в а Н.М. Обоснование схемы синоптико-статистического метода прогноза урожая риса до сева// Регион. вопр. синоптич. метеорол. и климатол./Межвуз. сб.: Дальневост. ун-т. - Владивосток. - 1982. - Вып. 4. - С. 179-188. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - № 171. - гмд-82.

155. П е с т е р е в а Н.М. О связи между ледовитостью Охотского моря и урожаем риса в Приморье//Регион. вопр. синоптич. метеорол. и климатол./Межвуз. сб.: Дальневост. ун-т. - Владивосток. - 1982. - Вып. 4. - С. 189-197. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - № 171. - гмд-82.

156. П е с т е р е в а Н.М. Об использовании климатических данных и долгосрочных прогнозов погоды при принятии хозяйственных решений в рисоводстве Приморского края//Тез. докл. на совещании молодых ученых и специалистов Дальнего Востока. - Владивосток. - 1984. - С. 21-22.

157. П е с т е р е в а Н.М. Некоторые особенности атмосферной циркуляции над Дальним Востоком и теплового состояния морской подстилающей поверхности в годы с высокими

и низкими урожаями риса в Приморском крае//Регион. вопр. синопт. метеорол. и климатол./Межвуз. сб.: Дальневос. ун-т. Владивосток. - 1984. - Вып. 5. - С. 46-64. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ МЦД. - № 317. - гмд-84.

158. Пестерева Н.М. О возможности использования параметров циркумполярного вихря применительно к долгосрочному прогнозу урожая риса в Приморском крае//Тр. ДВНИИГМИ. - 1985. - Вып. 121. - С. 10-19.

159. Пестерева Н.М. Прогноз урожая риса до сева в Приморском крае//Пробл. моделир. атмосфер. циркул. и использов. гидрометеорол. информ. в народном хоз. Дальнего Востока. - Владивосток - Из-во ДВГУ. - 1987. - С. 88-101.

160. Пестерева Н.М. Принятие хозяйственных решений по данным о климате. Владивосток. - Из-во ДВГУ. - 1987. - 24 с.

161. Пестерева Н.М. Долгосрочный синоптико-статистический прогноз теплообеспеченности вегетационного периода//Тр. ДВНИИ. - 1988. - Вып. 141. - С. 28-40.

162. Пестерева Н.И., Галкин Г.А., Костенко З.А. Метод сверхдолгосрочного прогноза трендовой составляющей урожая риса//Регион вопр. синопт. метеорол. и климатол./Дальневос. ун-т. - Владивосток. - С. 171-186. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД. - № 820. - гмд-88.

163. Пестерева Н.М., Плотников В.В., Тарасова Е.В. Качественно-физическая модель квазидвухлетней цикличности аномалий погоды и урожая риса на юге Дальнего Востока//Тр. ДВНИИГМИ. - 1991. - Вып. 157. - С. 47-62.

164. Пестерева Н.М., Свинухов Г.В.

Ветровой режим Владивостока и залива Петра Великого, прогноз ветра и оценка его экономической полезности. - Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1990. - 139 с. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 11.07.90, № 1012-гм90.

165. Пестерева Н.М., Хуснулина А.Ж., Ботьянова В.Е. Комплексное использование климатической информации и численных схем для целей краткосрочного прогноза полей ветра и волнения//Регион. вопр. синопт. метеорол. и климатол./Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1990. - С. 186-202. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД 10.04.90, № 986-гм90.

166. Пестерева Н.М. Использование линейного дискриминантного анализа при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур//Метеорология и гидрология. - 1991. - № 6. - С. 101-108.

167. Пестерева Н.М. Методика оценки экономической полезности краткосрочных альтернативных метеорологических прогнозов//Дальневост. ун-т. - Владивосток. - 1991. - С. 59-67.

168. Пестерева Н.М., Стародубцева Л.А. Об одном из возможных путей повышения качества долгосрочного прогноза средней месячной температуры воздуха в Приморском крае//Регион. вопр. синопт. метеорол. и климатол./Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - С. 64-81. - Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД.

169. Пестерева Н.М. Синоптико-статистический прогноз средней по Приморскому краю и по отдельным хозяйствам урожайности риса с заблаговременностью 9 месяцев//Метод. указ.: Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - 21 с.

170. Пестерева Н.М. Синоптико-статистический

долгосрочный прогноз месячной суммы осадков в июне и числа часов с осадками по основному сельскохозяйственному району Приморского края/ Метод. указания: Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - 18 с.

171. Пестерева Н.М. Выбор оптимальных решений в сельскохозяйственном производстве по данным о климате и погоде (на примере рисоводства)/Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - 157 с.

172. Пестерева Н.М. Моделирование продуктивности севооборота в специализированном рисоводческом хозяйстве в зависимости от биоклиматических ресурсов и степени хозяйственной самостоятельности/Метод. пособие: Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - 65 с.

173. Пестерева Н.М., Поладзаде М.В., Сеников В.А. Климатическая информация и некоторые аспекты ее использования в сельском хозяйстве//Изв. Тимирязевской с. х. академии. - 1991. - № 8. - С. 58-72.

174. Пестерева Н.М., Стародубцева Л.А. Комплексный синоптико-статистический метод долгосрочного прогноза средней месячной температуры воздуха в июне по Приморскому краю//Метод указания. - Дальневост. ун-т. - Владивосток, 1991. - 24 с.

175. Пестерева Н.М. Синоптико-статистический метод долгосрочного прогноза аномалий средней месячной суммы осадков в июне по основному сельскохозяйственному району Приморья// В сб. Вопросы прогноза погоды, климата и циркуляции атмосферы. - Пермь. - Из-во Пермского гос. ун-та, 1991. - Вып. II. - С. 49-57.

176. Пестерева Н.М. Прогноз ветра и оценка

его экономического эффекта в морских отраслях народного хозяйства (учебное пособие). - Владивосток. - Из-во ДВГУ. - 1991. - 75 с.

177. П е т р о с я н ц М.А. Развитие представления С.П. Хромова о муссонах//Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. - 1985. - № 5. - С. 10-16.

178. П и р о в т а н о в С.Е., П а р р и М., К а р т е р Т., К о н и н Н. Исследование климатического воздействия//Систем. исслед.: Методол. пробл.: Ежегод., 1987. - Вып. 19. - М., 1988. - С. 369-386.

179. П о л е в о й А.Н. О прогнозе случайной составляющей временных рядов урожайности ярового ячменя//Метеорология и гидрология. - 1985. - № 4. - С. 84-90.

180. П о л е в о й А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. - Л.: Гидрометеиздат. - 1983. - 176 с.

181. П о л е в о й А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. - Л.: Гидрометеиздат. - 1988. - 176 с.

182. П о л у э к т о в Р.А. Динамические модели агроэкосистем. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 209 с.

183. П р а в д и в е ц Н.Н. Устойчивость риса к пирикуляриозу в Приморском крае// Защита растений. - 1986. - № 10. - С. 25.

184. П р о с у н к о В.М. Агроклиматические ресурсы и продуктивность риса. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 100 с.

185. Р а м е д ж К. Метеорология муссонов. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 335 с.

186. Р а д ю х и н В.Т., Ш и л е н к о Б.Л. Выде-

ление периодов потепления и похолодания в рядах данных о приземной температуре воздуха//Тр. ВНИИ гидрометеорол. инф. - Миров. центр данных. - 1988. - № 147. - С. 3-13.

187. Р е к о м е н д а ц и и по определению себестоимости гидрометеорологической продукции. - Л.: Главн. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1989. - 39 с.

188. Р е п и н с к а я Р.П., В о р о т н и ц к а я А.В. О комплексации универсальных альтернативных прогнозов// Метеорология и гидрология. - 1976. - № 1. - С. 16-23.

189. Р о д и о н о в С.Н. Климатические тренды в Северной Атлантике в XX столетии// Локал. взаимодействие океана и атмосферы в Ньюфаундлен. энергоактив. обл., - М., 1990. - С. 198-208.

190. Р о ч е в а Э.В., Л о г и н о в В.Ф. О влиянии океана на формирование засух// Тр. ГГО. - 1979. - Вып. 403. - С. 58-72.

191. Р у д и ч е в а Л.М. Влияние особенностей циркуляции атмосферы на формирование температуры воздуха в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке//Тр. Гидрометцентра СССР. - 1973. - Вып. 115. - С. 67-75.

192. Р у к о в о д с т в о по агрометеорологическим прогнозам. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - Т. 1. - 308 с.

193. Р у к о в о д с т в о по краткосрочным прогнозам погоды. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - Ч. 1. - 702 с.

194. Р у к о в о д с т в о по краткосрочным прогнозам погоды на Дальнем Востоке. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - Ч. 2. - Вып. 5. - 175 с.

195. С а ж и н А.Н. Современные климатические тенденции в Нижнем Поволжье//Природа и хозяйственная деятельность

в Нижнем Поволжье. - Волгоград, 1986. - С. 28-36.

196. С а з о н о в Б.И. Суровые зимы и засухи. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 240 с.

197. С в и н у х о в Г.В. Синоптико-статистические методы прогнозов погоды на Дальнем Востоке//Тр. ДВНИГМИ. - 1977. - Вып. 65. - 168 с.

198. С е д у н о в Ю.С. Использование научно-технических достижений в практике гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства//Метеорология и гидрология. - 1987. - № II. - С. 5-13.

199. С е р д ю к В.Н. Влияние 22-летних циклов колебания солнечной активности на циркуляционные условия формирования сухих и влажных периодов и на урожай пшеницы//Тр. ГГО. - 1989. - № 524. - С. 75-86.

200. С и н о п т и к о - с т а т и с т и ч е с к и й метод прогнозирования урожайности основных зерновых и зернобобовых культур в США//Тр. ВНИИСХМ. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 148 с.

201. С и р о т е н к о О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. - Л.: Гидрометеоздат, 1981. - 197 с.

202. С и р о т е н к о О.Д., А б а ш и н а Е.В. Об использовании динамических моделей для решения задач программирования//Тр. ВНИИСХМ. - 1986. - Вып. 21. - С. 70-78.

203. С и р о т е н к о О.Д. Пути развития агрометеорологии//Метеорология и гидрология. - 1990. - № 6. - С. 101-108.

204. С и с т е м а ведения сельского хозяйства в Приморском крае. - Новосибирск., 1991. - 320 с.

205. С м е т а н и н А.П., Б о г у ш е в а Н.В.,
Г а л к и н Г.А. Зависимость температуры воды и почвы в
рисовом чеке от температуры воздуха на метеорологической
площадке//Сб. работ Гидрометеорол. центра Сев.-Кавк. УГКС,
1987. - № 1/19. - С. 54-68.

206. С о р о ч а н О.Г. Некоторые соображения о при-
роде летнего муссона Восточной Азии// Тр. ГГО. - 1956. -
Вып. 71. - С. 184-189.

207. С т е ч к и н С.Е., С у б о т и н Ю.Н. Сплай-
ны в вычислительной математике. - М.: Наука, 1976. - 135 с.

208. С т о л ы п и н а Н.В. Сезонные изменения интен-
сивности циркуляции в стратосфере северного полушария. -
Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 78 с.

209. Т е т е р я т н и к о в а Е.П. Проблемы долго-
срочных гидрометеорологических прогнозов в бассейне реки
Амур на основе учета аэросиноптических материалов/Под ре-
дакцией В.Н. Глубокова и А.А. Календова//Тр. ДВНИИ. - 1985.
- Вып. 117. - 104 с.

210. Т е р - М к р т ч я н М.Г. О применении дискри-
минантного анализа для улучшения статистических прогнозов
по методу множественной регрессии//Тр. Гидрометцентра
СССР. - 1970. - Вып. 64. - С. 130-139.

211. Т у р А.К., К о р л я к о в А.С., Н о с о в -
ский В.С. Комплексное освоение земель под рис в Приморском
крае. - Владивосток. - ДОВСТ, 1986. - 106 с.

212. У л а н о в а Е.С. Засухи в СССР и их влияние
на производство зерна// Метеорология и гидрология. - 1988.
- № 11. - С. 5-12.

213. У л а н о в а Е.С., З а б е л и н В.Н. Методы

корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 207 с.

214. Ф е д о с е е в А.П. Погоды и эффективность удобрений. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 144 с.

215. Ф е д ю ш и н а Д.П. Метод агрометеорологического прогноза урожайности и валового сбора риса для юга Казахстана//Тр. Каз. регион. НИИ Госкомгидромета. - 1984. - № 84. - С. 17-23.

216. Ф о м и н М.Г. Местные генетические типы погоды по югу Дальнего Востока для теплого полугодия. - Владивосток, 1980. - 155 с.

217. Х а н д о ж к о Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 231 с.

218. Х а н д о ж к о Л.А. Экономические аспекты метеорологического обеспечения народного хозяйства//Вопросы гидрометеорол. исслед. в целях интенсиф. нар. хозяйства. - Л.: 1987. - С. 83-93.

219. Х м е л е в с к а я Л.В. Проявление квазидвухлетней цикличности в развитии летних циркуляционных процессов на северном полушарии// Матер. метеорол. исследований. (Москва). - 1988. - № 14. - С. 113-120.

220. Х р а м ц о в а В.К. Краткая характеристика климатических условий Приморского края в различные месяцы года. - Владивосток. - ДВНИГМИ, 1977. - 89 с.

221. Ц и р к у л я ц и о н н ы й механизм современных колебаний климата. - М., Наука, 1987. - 207 с.

222. Ч е р н и к о в а М.И. Агроклиматические ресурсы Сибири, Дальнего Востока и продуктивность сельского

хозяйства//Тр. Зап.-Сиб. регион. НИИ Госкомгидромета. - 1985. - № 71. - С. 3-22.

223. Чернышева Л.С. Влияние метеорологических условий на пустозерность риса в Приморском крае//Тр. ДВНИГМИ. - 1973. - Вып. 40. - С. 9-14.

224. Чернышева Л.С., Подойницкая Д.Н. Оценка возможностей определения продуктивности спектрофотометрических измерений//Тр. ДВНИГМИ. - 1982. - Вып. 98. - С. 43-53.

225. Чернышева Л.С. Расчет урожая риса в Приморском крае//Тр. ДВНИГМИ. - 1985. - Вып. 98. - С. 17-21.

226. Чернышева Л.С., Пестерева Н.М. О микроклиматической неоднородности рисовых массивов Приморского края//Тр. ДВНИГМИ. - 1985. - Вып. 98. - С. 115-121.

227. Чирков Ю.И. Пути более полного использования климатических ресурсов для фотосинтетической деятельности посевов кукурузы//Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. - Л.: Гидрометеоиздат, 1963. - 185 с.

228. Чирков Ю.И., Кононова Н.К. Связь изменчивости урожайности зерновых культур с современными колебаниями климата// Метеорология и гидрология. - 1989. - № 2. - С. 105-190.

229. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Особенности термического режима рисовых полей с различным типом почв//Изв. ТСХА. - 1983. - № 2. - С. 192-195.

230. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. О влиянии различных типов погоды на урожай риса в Приморском крае//Метеорология и гидрология. - 1983. - № 5. - С. 103-106.

231. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Агрометеорологические основы прогноза урожая риса на Дальнем Востоке//Докл. ТСХА. - 1983. - С. 38-43.

232. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 160 с.

233. Чирков Ю.И., Чернышева Л.С., Пестерева Н.М. Районирование рисосеющей зоны Приморского края по микроклиматообразующим факторам// Метеорология и гидрология. - 1982. - № II. - С. 93-97.

234. Чичасов Г.Н. Опыт сверхдолгосрочного прогнозирования урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане// Тр. Каз. регион. НИИ Госкомгидромета, 1987. - № 98. - С. 34-44.

235. Чупрынин В.М. Разрывные автоколебания в геофизических системах. - М.: Наука, 1985. - 94 с.

236. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические и агротехнические основы программирования урожая. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 320 с.

237. Э в м-а т л а с пространственно-временной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур на юге Дальнего Востока: Приморский край//АН СССР, Дальнев. научн. центр, Тихоокеанский ин-т географ. - Владивосток, 1984. - 86 с.

238. Юдин И.М. Долгосрочный прогноз как средство управления хозяйственной деятельностью//Применение статист. методов в метеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - С. 5-10.

239. Юдин М.И., Мирвис В.М. Применение ин-

формационного подхода к задаче долгосрочного прогноза//Тр. ГГО. - 1981. - Вып. 446. - С. 3-11.

240. Ю д и н М.И., М е щ е р с к а я А.В., Б л а ж е в и ч В.Г., Г о л о д М.П. Учет климатического тренда как средство повышения успешности долгосрочных метеорологических прогнозов//Метеорология и гидрология. - 1990. - № 6. - С. 11-20.

241. Antal E., Farano T. On the concept of extrem meteorological and climatic events// Idojaras.-1988.-92, No 5.- 269-275.

242. Barnett T.P. Large scale variation of the temperature field in the N.P. Ocean// Nav. Res.-1976.-Vol. 29.-N 3.- P. 28-37.

243. Barnett T.P. Climat prediction:new techniques. A new perspective on climate dynamic ?// Long-Range Forecast. Res. Rept./ Ser. WMO.-1986.- N 6/2.-P. 645-652.

244. Brown Barbara G., Kats Richard W. On the economic value of seasonal-precipitation forecasts: the fallowing/ planting problem// Bull.Amer. meteorol. Soc., 1986.-67.-No 7.- P. 833-841.

245. Brown Georg E. Climat change: a view from Congress// EOS. Trans. Amer. Geophys. Union.-1987.-68.-No 48.- 183 p.

246. Changnon Stanley A., Sonka Steven T. Assessing climate information use in agri-business. Pt. I. Actual and potential use and impediments to usage// J. Clim.-1988.-1.- No 8.-P. 757-765.

247. Climate warming effects: assessment by analogy// Chem. and Eng.News.-1986.-64.-No 47.-37 p.

248. Davis R. Predictability of sea surface tempe -

perature and sea level pressure anomalies over the North Pacific Ocean// Phys.Oceanogr.-1976.-Vol.-6.-No 3.-P.78-91.

249. Duchon Claude T. Gorn yield prediction using climatology// J.Clim. and Appl. Meteorol.-1986.-25.-No 5.-P. 581-590.

250. Eriksson B., Alexandersson H. Our changing climate/ Agr. and Forest Meteorol.-1990.-50.-No 12.- P.55-64.

251. Gao L.Z., Jin Z.Q. Photo-thermal models of rice growth duration for various varietal types in China//Agr. and Forest meteorol.-1987.-39.-No 2-3.-P. 205-213.

252. Gao L.Z., Li L. A climatic classification for rice production in China// Agr. and Forest Meteorol.-1987.-39.-No 1.-P.55-65.

253. Garcia F., Offutt S., Pinar M., Changnon S. Corn yield behavior: effect of technological advance and weather conditions// J.Clim. and Meteorol.-1987.-26.-no 9.-P. 1092-1102.

254. George K. Climatic role of snow covers: sea level, ice clim.Chage//Assem. Int.Unuin.Geod. and Geophys.-Cauberra, 1979.-Washington.-1981.-741 p.

255. Gleick Peter H. The implications of global climatic changes for international security// Clim.Change.-1989.-15.-No 1.-P. 309-325.

256. Bupta R.K., Chauhan H.S. Computation of actual and probable effective rainfall of paddy fields// J.Agr.Eng.-1985.-22.-No 2.-P. 84-92.

257. Hall Matthew C.G. Estimating the reliability of climate model projections-steps toward a solution// Potential. Climatic Eff. Increas. Carbon Dioxide.-Calif., 1985.-P.338-364.

258. Hanzama M. Oceanographycal consideration on the bad rrice crop in the Tohoku district of Japan//Oceanogr. Mag.-1949.-No 3.-P. 53-61.

259. Hishida K., Nishiyama K. On the variation of heat exchange and evaporation at surface in the Western North Pacific Ocean// J.Oceanogr. Soc.Japan.-1963.-Vol.25, No 1.- p. 25-34.

260. Hobbs J. Climatic patterns and variability in the Australian wheatbelt// Impact. Clim. Var. Agr. Vol.2.- Dordrecht etc., 1988.- P. 1-5.

261. Kanemasu E.T. Agrometeorological research in developing strategies for improved food production// Proc. Int. Symp., Niamey Aug. 21-25, 1985.- Patanchery, 1986.-P. 23-29.

262. Karl Thomas R. Multy-year fluctuations of temperature and precipitation: the gray area of climate change// Clim. Change.-1988.- 12.- No 12.- P. 179-197.

263. Katz R.W. Senitivity analysis of statistical crop-weather models// Agr. Meteorol.- 1979.- Vol.2.-No 4.- P. 291-300.

264. Kellogg William W. Climate attivita umane: lacrescente coscienza di un problema// Energia, 1987.-No 4.-P. 2-18.

265. Kondo Junsei. Volcanic eruptions, cool summers, and famines in the northeastern part of Japan// J.Clim.-1988.- 1, No 8.- P. 775-788.

266. Krishnamurthy V. The importance of agrometeorology in agroclimatural development projects and role of WMO in strengthening agrometeorological activities in developing countries// J. Biometeorol.- 1984.- No 28.-P. 23-31.

267. Kurihara T. A climatological study on the Okhotsk air mass during the typical Yamase period// Climatol.Notes.- 1987.- No 37.- P. 1-95.

268. Kurihara T. Role of the northwestern tropical Pacific SSS in forming the East Asian summer weather// Long-Range Forecast. Res. Rept. Ser./ WMO.- 1989.-No 9.-P. 54-58.

269. Lang use and agrosystem management under severe climatic conditions// WMO Techn. Note.- 1986.- No 161.- 161 p.
270. Laurmann J.A. Scientific uncertainty and decision making: the case of greenhouse gases and global climate change// Sci. Total Environ, 1986.- 55.- P. 177-186.
271. Liangzhi G., Lin L. A climate classification for rice production in China// Agr. and Forest. Meteorol.- 1987.- 39.- No 1.- P. 55-65.
272. Liverman D. The respons of a global food model to possible climate changes: a sensitivity analysis// J.Climatol., 1986.- 6, No 4,- P. 355-373.
273. Liverman D. Climatic change and grain corn yields in north American great plains// Clim. Change., 1986.- 9.- no 3.- P. 327-347.
274. Maitani T., Seo T. Turbulent transport of scalar quantities within and above a paddy field// Boundary-Layer meteorol., 1985.- 33.- No 2.- P. 197-208.
275. mandrioli P. Disease control by computerized systems // Agrometeorol. : 2nd Int. Ceneva Agr. Conf.,8-9 Oct., 1987.- Ceneva, 1987.- P. 277-283.
276. Maunder J. The atmospheric economic climate: risks and opportunities// Proc. 14 th N.Z. Geogr. Conf. and 56 th NZAAS Congr., 1987, P. 22-27.
277. Milella A., Deidda P. The climatic data base: a useful instrument for agriculture planning// Agrometeorol.; 2ND int. Ceneva Agr. Conf., 8-9 Oct., 1987.-Ceneva, 1987.- P. 397-399.
278. MsQuigy J.D. Climate variability and crop yield in high and low temperature regions// Food-clim./Interact. Proc. Int. Worhop.- erlin.- 1980.- No 1.- P. 89-96.
279. Murata Y. Estimation and simulation of rise yield from climate factors//Agr.Meteorol.-1975.-Vol.15,No 1.-P. 89-96.

280. Namias J., Thermal communication between the lower the troposphere// J.Phys. Oceanogr.-1973.- Vol.3, No 4.- P. 473-485.

281. Namias J. Remarks on the potential for longrange forecasting// Bull. Amer. Meteorol. Soc.- 1985.- Vol.66.- No 2.- P. 165-173.

282. National Climate Program. Five-Year Plan.1989-1993// Nat.Clim. Program Office. Nat. Ocean and Atmosph. Admin.- Rockville (Md), 1989.- V.- 48 p.

283. Nietupski T., Poludniak A., Mittelstaedt T. Wplyw czynnikow atmosferycznych na produktyjnosc i efektywnosc gospodarstw indywidualnych. Cz 1.Gospodarstwa na glebach lekkich// Zesz. probl. post. nauk rol.-1986.- No 268.- P. 205-224.

284. Njau E.C. A generalized theory of sun-climate/weather link and climatic change// nuovo cim. C.- 1989.- 12.- no 5.- P. 597-611.

285. Parry M.L., Carter T.R. NASA/UNEP Climate Impacts Project: The vulnerability of food production in climate-sensitive areas// Bull. Amer. Meteorol. Soc.- 1985.- Vol. 66.- No 10.- P. 1310-1311.

286. Parry M.L., Carter T.R. Effects of climatic changes on agriculture and forestry: an overview// Eff. Changes Stratosph. Ozone and Global Clim.: Proc. Int. Conf. Health and Environ. Eff. Ozone modif. and Clim. Change, June 16-20, 1986.- Vol. 1.- Washington, D. C., 1986.- P. 257-297.

287. Parry M.L., Carter T.R. An assessment of the effects of climatic change on agriculture// Clim. Change.- 1989.- 15.- No 1-2.- P. 95-116.

288. Phillips D.W. Marketing climatology for today's user// Climatol. Bull.- 1986.- Vol. 66.- No 2.- P. 3-15.

289. Plaisier A. Summary analysis of the responses to the WMO questionnaire on crop-climate models// World Clim. Programm. WMO, 1986.- No 90/2.- 77 p.

290. Pruchnicki J. Klimat und Strategien zur Entwicklung der Volkswirtschaft// Abh. meteorol. Dienst. DDR.-1986.- 18.- No 316.- P. 11-17.

291. Richardson C.W. Weather simulation for crop management models// Trans. ASAE.- 28.- 1985.- No 5.-P. 1602-1606.

292. Roberts L. Global warming : blaming the Sun// Science.- 1989.- 246.- No 4933.- P. 992-993.

293. Robinson P.J. Hill H.L. Toward a policy for climate impacts// Bull. Amer. Meteorol. Soc.-1987.-68.- No 7.- P.- 769-772.

294. Rosenzweig C. Potential CO₂ -induced climate effects on North American wheat-producing region// Clim. Change.- 1985.- 7.- No 4.- P. 367-389.

295. Russo S. Influenza del clima coltura del riso nel Vercellese// Riso, 1977.- 26.- No 1.- P. 71-93.

296. Samul Huda A.K., Childyal B.P. Contribution of climate variabilities in predicting rice yield// Agr. Meteorol.- 1975.- Vol. 15.- No 1.- P. 71-87.

297. Sawada T. A study on the statistic forecast of summer temperature over the Northern Japan using the of sea ice over Okhotsk sea// J. Meteorol. Soc. Japan.- 1957.-No 35.-P. 28-43.

298. Sawyer J.S. Notes of the possible physical causes of long-term weather anomalies// WMO Technical Note.-1965.- No 6.- P. 227-249.

299. Schmutzer U. Ergebnisse und Erfahrungen aus der Wissenschaftskooperation mit Agrarmeteorologen und Landwirten aus der Sicht der praxisnutzbaren Auswertung langjähriger

Witterungsaufzeichnungen// Wiss. Beitr. M.-Luther-Univ.
Halle-Wittenberg.- 1987.- S.- No 60.- P. 106-108.

300. Schumann A. Zur Anwendungsorientierung agrarklimatologischer Informationen// Z. Meteorol.- 1985.- 35.-
No 3.- P. 146-149.

301. Shall T.T. Large-scale sea ice, sea surface temperature anomalies in the north-western North Pacific, their significance for foreshadowing the weather in Northern Japan and Far Eastern USSR// J. Meteorol. Soc. Japan.- 1972.- Vol. 50.-
P. 32-43.

302. Sonka S.T., Lamb P.J., Hollinger S.E. Economic use of weather and climate information: concepts and agricultural example// J. Climatol.- 1986.- 6.- No 4.- P. 447-457.

303. Sonka S.T., Mjelde J.W. Valuing climate forecast information// J. Clim. and Appl. Meteorol.- 1987.- 26.-
No 9.- P. 1080-1091.

304. Sonka S.T., Changnon S.A. Assessing climate information use in agribusiness. Pt 2. Decision experiments to estimate economic value// J. Clim.- 1988.- 1.- No 8.-
P. 766-774.

305. Tomas A.W., Snyder W.M. Stochastic impacts on farming: simulation of seasonal variation of climatic risk// Trans. ASAE.- 1986.- 29.- No 4.- P. 1026-1031.

306. Tonnard V. L'agrometeorologie: une prise de conscience// ANn. Gembloux.- 1989.- 95.- No 4.- P. 257-267.

307. Uchijima Z., Seino H. Probable effects of CO₂-induced climatic change on agroclimatic resources and net primary productivity in Japan// Bull. Nat. Inst. Agroenviron. Sci.-
1987.- No 4.- P. 67-88.

308. Wada H. A study on the behaviour of the polar vortex and its application to long-range weather forecasting// The Geophys. Mag.- 1962.- Vol. 31.- No 2.- P. 77-105.

309. Wada H. Manual of seasonal forecasting of summer season in Japan// Vol. 1.- 1971.- 235 p., Vol.2.-1972.-468 p.

310. Wallen C.C. Impact of present century fluctuations in the northern hemisphere// Geogr. ann.- 1986.-A68.-No 4.- P. 245-278.

311. Weiss C. Can market mechanisms ameliorate the effects of long-term climate change?// Clim. Change.-1989.- 15.- No 1-2.- P. 299-307.

312. Wang D. Simulated analysis for 110 years of seasonal weather impacts on Yangtze Delta rice harvest yields// Agr. and Forest Meteorol.- 1987.- 39.- No 2-3.- P. 193-203.

313. White R.M. Greenhouse policy and climatic uncertainty// Bull. Amer. Meteorol. Soc.- 1989.- 70.- No 9.-P. 1123-1127

314. Wigley T.M. The impact of climate on resource use and availability// Resour. and World Dev.: Rept. Dahlem Workshop. Pt: Energy and Miner., Berlin, Jan. 12-17, 1986.- Chichester e.a., 1987.- P. 79-99.

315. Yamakawa S. Secular variation in the frequency of winter and summer pressure pattern in East Asia//Annu. Rept. Inst. Geosci. Univ. Tsukuda.- 1984.- No 11.- P. 24-26.

316. Yoa Dirong. The nonlinear discriminant and stepwise nonlinear discriminant analyses// Adv. Atmos. Sci.-1988.- 5.- No 1.- P. 27-34.

317. Yoshino M.M. Agroclimatological study of rice production in Sri Lanka// Int. J. Biometeorol.- 1985.- 29.- No 2.- P. 221-234.