

На правах рукописи

**КРОХИН ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЕВИЧ**

**ОСАДКИ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ  
В ТЕПЛОЕ ПОЛУГОДИЕ:  
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ,  
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И  
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СХЕМА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА**

11.00.09 - метеорология, климатология, агрометеорология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание

ученой степени кандидата географических наук

**ВЛАДИВОСТОК 1998**

Диссертация выполнена в Дальневосточном научно-исследовательском региональном гидрометеорологическом институте (г. Владивосток)

**Научный руководитель**

доктор географических наук,  
профессор                    Дашко Нина Александровна

**Официальные оппоненты:**

Доктор географических наук,  
профессор                    Сверлова Любовь Ивановна  
Кандидат географических наук,  
доцент                        Павлов Николай Иванович

Ведущая организация - Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (г. Владивосток)

Защита состоится 29 мая 1998 года в 10 часов на заседании специализированного Совета Д.064.58.04 в Дальневосточном государственном университете  
по адресу: г. Владивосток, ул. Мордовцева, 12, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Дальневосточного государственного университета

Автореферат разослан 24 апреля 1998 г.

Отзывы просим присылать по адресу:  
690600 г. Владивосток, ул. Суханова, 8, ДВГУ, геофизический факультет,  
Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы, каб. 223, 225

Ученый секретарь диссертационного совета

В.И. Блохина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность исследования**

На Второй конференции Организации Объединенных Наций по человеческим поселениям, состоявшейся в 1996 году в Стамбуле, указано, что вода станет наиболее острой проблемой, с которой столкнется мировое сообщество в XXI веке. Это обусловлено ростом населения, загрязнением окружающей среды и непроизводительным использованием водных ресурсов. В свою очередь, эти ресурсы тесно связаны с атмосферой, погодой и климатом.

Поэтому долгосрочное прогнозирование месячных сумм осадков является необходимой и важной задачей. Такие погодные явления, как наводнения и засухи, составляют 55% от всех стихийных бедствий. Погода и вода остаются одними из главных факторов устойчивого развития общества.

Развитие экономики Дальнего Востока, планирование долговременных производственных мероприятий, особенно в такой отрасли, как сельское хозяйство также в большой степени зависят от водоснабжения. И, в первую очередь, нормальное водоснабжение зависит от погодно-климатических ресурсов, и в частности, от количества осадков и распределению их по территории и сезонам.

Растущее население городов Дальнего Востока требует большого объема водоснабжения и улучшения качества питьевой воды. Расходы по поддержанию функционирования основных коммунальных служб в условиях недостатка или избытка осадков могут вызвать крупную напряженность в их бюджете.

Имеющиеся исследования по вопросам, связанным с пространственно-временным распределением осадков, анализом и прогнозом месячных и сезонных сумм осадков, в большой степени приурочены к Европейской территории России. Отсутствие современных количественных характеристик осадков и особенно обобщающих исследований их трехмерной структуры не позволило до настоящего времени в полной мере решить проблему гидрометеорологического обеспечения на Дальнем Востоке. Значительная изменчивость сумм осадков во времени и пространстве делает неприменимыми существующие способы, учитывающие инерционные связи, а использование традиционных способов их прогноза весьма затрудняется отсутствием начальных данных.

**Целью работы** является: разработка автоматизированной синоптико-статистического метода долгосрочного прогноза сумм осадков в теплое полугодие на основе исследования пространственно-временной структуры и условий формирования полей осадков на юге Дальнего Востока, предназначенной для решения проблемы гидрометеорологического обеспечения отраслей экономики Приморского и Хабаровского краев.

При разработке автоматизированного синоптико-статистического метода были поставлены следующие задачи:

1. Исследование закона распределения временных рядов месячных сумм осадков по станциям юга Дальнего Востока.
2. Анализ многолетних климатических трендов временных рядов месячных сумм осадков по станциям юга Дальнего Востока.
3. Проведение пространственной типизации полей месячных сумм осадков.
4. Объективное обоснование деления территории юга Дальнего Востока на районы, однородные по климатическому режиму осадков.
5. Выявление типовых полей приземного давления,  $H_{500}$ ,  $H_{1000}^{500}$  для различных классов осадков.
6. Выявление информативных предикторов для прогноза полей осадков различных классов на основании доступной гидрометеорологической информации.

**Метод исследования** - синоптико-статистический. По данным за каждый месяц теплого периода по гидрометеорологическим станциям юга Дальнего Востока были рассчитаны основные статистические характеристики временных рядов месячных сумм осадков. При помощи непараметрических методов математической статистики рассчитывались линейные тренды временных рядов месячных сумм осадков. В работе широко использовались различные формы многомерного параметрического анализа, в том числе, и дискриминантный анализ. Уровень значимости на всех этапах работы принимался равным  $\alpha=5\%$ , что является достаточным для целей долгосрочного прогноза. Все расчеты и статистические численные эксперименты выполнялись на персональном компьютере.

### **Научная новизна**

1. Разработан автоматизированный способ долгосрочного прогноза месячных сумм осадков с различной заблаговременностью для южных районов Дальнего Востока на основе использования полей приземного давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$ .
2. Впервые для прогноза осадков по югу Дальнего Востока использован нелинейный дискриминантный анализ.
3. Применен непараметрический подход для оценки линейных трендов временных рядов месячных сумм осадков по станциям Дальнего Востока.
4. Произведена типизация и объективное районирование территории по количеству выпадающих осадков с помощью иерархического кластерного анализа.
5. Анализ пространственно-временной структуры полей месячных сумм осадков осуществлен на основе метода квантильной топографии.
6. Показана связь экстремальных осадков с аномалиями циклонического переноса вихря в нижней половине тропосферы.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Автоматизированная схема синоптико-статистического долгосрочного прогноза месячных сумм осадков по станциям на основе нелинейного дискриминантного анализа.
2. При анализе многолетних климатических трендов сумм осадков выявлено, что основная изменчивость сумм осадков определяется их межгодовым ходом, а не глобальными внутривековыми изменениями режима увлажнения.
3. Объективное районирование территории по степени однородности режима осадков для теплого времени года показало, что пространственное распределение месячных сумм осадков на юге Дальнего Востока может быть отнесено к орографическому типу по системе классификации немецкого климатолога Вагнера.
4. Впервые для юга Дальнего Востока России сделана аппроксимация эмпирических распределений месячных сумм осадков, получены количественные оценки отклонения эмпирической функции распределения от нормального закона распределения по всем анализируемым станциям.
5. Дана количественная оценка пригодности использования различных существующих преобразований величин месячных сумм осадков по станциям для приведения эмпирического закона распределения к нормальному.

6. На материале ежедневных полей давления и геопотенциала поверхности 500 гПа за 1966-1985 гг. и среднемесячных полей  $H_{1000}^{500}$  за период 1950-1988 гг. разработаны карты-шаблоны приземного поля давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$  для различных классов осадков.

7. Показано, что дефицит и избыток месячных сумм осадков на юге Дальнего Востока связан с аномальным циклоническим переносом вихря в нижней половине тропосферы.

### **Практическая ценность работы**

Разработан автоматизированный синоптико-статистический метод прогноза месячных сумм осадков по градациям (дефицит, норма, избыток) с заблаговременностью от 9 до 1 месяца, что может использоваться для принятия решений при долгосрочном планировании производственных операций.

В результате решения поставленных в работе задач получены новые объективные оценки режима осадков на юге Дальнего Востока.

Выявлены особенности термобарических полей в годы с осадками выше нормы, ниже нормы и нормой, показана связь полей осадков с деятельностью полярного фронта, аномалиями циклонического переноса вихря в нижней половине тропосферы. Сформированы типичные карты-шаблоны приземного поля давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$  для различных классов осадков, что помогает вывить механизм формирования сухих и влажных лет.

Опыт, накопленный при осуществлении программы исследований может быть применен при гидрометеорологическом обеспечении для других регионов.

**Апробация работы.** Работа выполнена в рамках Программы «Защита Приморского края от наводнений» (соисполнитель) и тем «Усовершенствовать методику прогноза СГЯ, включая ветер, осадки, реализовать их как компоненты АРМ-синоптика», Индекс 1.8.5.4 (Ответственный исполнитель), «Разработать систему информационного обеспечения директивных органов различных уровней, организаций, отраслей экономики и других потребителей данными, сведениями и научной продукцией о стихийных гидрометеорологических явлениях», Индекс I.1.1.11 (ответственный исполнитель), «Усовершенствовать технологию оперативного долгосрочного прогноза погоды на базе развития методов прогноза и использования современных технических средств», Индекс I.1.3.3. (соисполнитель), «Разработать и

внедрить технологию оперативного регионального прогноза элементов погоды для среды АРМ-синоптика», Индекс 1.8.4.2 (соисполнитель), в Дальневосточном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте.

Личный вклад соискателя выражается в планировании научных исследований, составлении программ и научно-технических заданий, сборе, обработке и теоретическом обобщении результатов метеорологических наблюдений, внедрении полученных результатов в практику гидрометеорологического обслуживания морских отраслей народного хозяйства (Приморское УГМС, Дальневосточный филиал Российского НИИ Комплексного использования и охраны водных ресурсов - ДВФ РосНИИВХ).

Основные выводы работы и результаты отдельных разделов и этапов работы докладывались на Международной конференции "Северная Пацифика: гидрометеорология, охрана окружающей среды, география" (1994), на семинарах в Дальневосточном государственном университете, Дальневосточном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте в течение всего периода написания диссертации.

Результаты работы используются в учебном процессе в ДВГУ на кафедре метеорологии, климатологии и охраны атмосферы.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы. Объем работы – 273 стр., в том числе 140 страниц текста, 16 таблиц, 42 рисунка и 56 страниц приложения (28 рисунков и 12 таблиц). Список литературы содержит 247 наименований, в том числе 38 на иностранных языках.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность выбранной темы; формулируются цели и задачи исследования, кратко излагается содержание каждой главы. Указывается, в частности, что при разработке новых методов прогноза осадков исследователи ориентируются, прежде всего, на прогноз для наиболее дождливых сезонов года. Для Дальнего Востока России - это теплое время года, время действия летнего муссона умеренных широт. При этом наиболее важно исследовать районы

сельскохозяйственной деятельности, районы с относительно высокой плотностью населения, районы компактного проживания населения, районы местоположения интенсивных транспортных потоков, - этим требованиям в полной мере отвечает территория юга Дальнего Востока, применительно к которой и проводилось исследование.

**В первой главе** дается обзор работ, посвященных проблеме исследования режима осадков и прогноза месячных и сезонных сумм осадков. Выделены основные направления: синоптическое, статистическое и гидродинамическое, хотя, такое деление является несколько условным, между этими направлениями нет резких границ.

Современный синоптический подход развивался в СССР работами Б. П. Мультиановского и С. Т. Пагавы, а за рубежом, в основном, в США, усилиями Г. Россби и Дж. Немайеса. Процессы-предвестники использовались в синоптических методах прогноза сезонных сумм осадков, разработанных А.Л.Кацем, С.Т.Пагавой, Н.М.Захаровой, В.Г.Шишковым. Методы сезонного прогноза аномалий осадков с заблаговременностью от 1 до 3 месяцев основаны на понятиях о естественном синоптическом сезоне и нарушениях-предвестниках, а также на подборе аналогов. Для работ синоптиков-долгосрочников последнего времени (80-е, 90-е годы) вместе с понятным стремлением к более широкому использованию самых разнообразных методов математической статистики весьма характерным является привлечение принципов синоптического прогнозирования. Это привело к тому, что практически стерлась грань между "чисто синоптическими" и "чисто статистическими" методами прогноза.

Из-за слабого знания физических процессов, формирующих месячные суммы осадков, синоптико-статистические методы прогноза часто носят формальный характер. Из наиболее продвинутых в методологическом отношении схем прогноза выделяется комплексный физико-статистический метод прогноза, разработанный в Главной геофизической обсерватории под руководством М.И.Юдина.

Большой вклад в развитие синоптико-статистического подхода внесли работы Н.А.Багрова, Д.А.Педея, М.Г.Тер-Мкртчяна, Л.Е.Лукияновой, Д.А.Сонечкина, А.А.Симонова, О.В.Батыревой.

Гидродинамический подход к прогнозу осадков на месяц и сезон, как правило, основан на привлечении уравнения баланса влаги в атмосфере в общую систе-

му уравнений гидротермодинамики. Но, несмотря на значительные успехи в области численного прогнозирования, проблема долгосрочного прогноза осадков с помощью гидродинамических моделей остается пока открытой, и в настоящее время можно сказать, что определенные успехи достигнуты лишь при проведении отдельных вычислительных экспериментов.

На Дальнем Востоке долгосрочными прогнозами месячных сумм осадков занимались Е.А.Лескова, Р.Я.Жежко, Г.В.Свинухов, Н.М.Пестерева, Т.М.Журавлева, Г.И.Анжина.

Проведенный обзор показал, что наиболее интенсивно развивающимся является синоптико-статистическое направление, в которое заложена возможность прогноза экстремальных градаций метеорологических величин, что является очень важным для потребителя. По этой причине вся методика работы была ориентирована под разработку параметрической дискриминатной схемы прогноза месячных сумм осадков. Данный подход может быть применен для ситуаций со сложным пространственным распределением месячных сумм осадков, причем, даже в том случае, если пространственное распределение месячных сумм осадков в большой степени определяется влиянием орографии (орографический тип по системе классификации немецкого климатолога Вагнера), что и является одной из рабочих гипотез настоящей работы.

**Вторая глава** посвящена анализу изменчивости и долгопериодным колебаниям месячных сумм осадков.

В качестве исходной информации были использованы данные о месячных суммах осадков по равномерно расположенным по территории 31 отечественным гидрометеорологическим станциям (15 из них относятся к территории Приморского края, 16 – Хабаровского края и Амурской области). Кроме этого, использованы режимные данные по 13 гидрометеорологическим станциям КНР и КНДР, непосредственно прилегающих к государственной границе Российской Федерации, приведенные в опубликованных источниках.

Статистические оценки месячных сумм осадков и их изменчивость рассчитывались по данным за месяцы теплого периода (апрель-октябрь) с 1950 по 1996 г.

На первом этапе осуществлялась проверка отличий эмпирического закона распределения от гауссовой кривой, что необходимо для дальнейшего выбора параметрических или непараметрических критериев.

В качестве первого выбранного критерия согласия был выбраны: сравнительно простой критерий Фишера-Пирсона: - критерий Колмогорова-Смирнова; критерий Шапиро-Уилка.

При проведении данного анализа проводилась следующая процедура: по каждому месяцу число станций, по которым гипотеза о нормальности распределения была отвергнута, делилось на общее число станций, участвующих в тесте. Годовой ход помесечных величин отношения для выбранных трех критериев в целом для всех используемых станций при 5%-ном уровне значимости наглядно отразил различную мощность выбранных критериев. Наименее мощным признан критерий Фишера-Пирсона, самым мощным - критерий Шапиро-Уилка. Однако, несмотря на это, что ход кривых является достаточно синхронным. Это позволяет говорить об объективно существующем отклонении эмпирической функции распределения месячных сумм осадков по всем анализируемым станциям. В зимние месяцы все три критерия показывают достаточно сходные результаты. Однако о летних месяцах этого сказать нельзя. Согласно критерию Фишера-Пирсона, число станций, на которых гипотеза о нормальности распределения выполняется, колеблется от 10% до 30%, тогда как, согласно критерию Шапиро-Уилка, эта доля значительно больше- более половины.

Ввиду того, что непараметрические методы до сих пор разработаны недостаточно полно, то возникает необходимость применения элементарных преобразований. Исторически известны следующие: извлечение квадратного корня (Г.Пановский, Г.В.Свиныхов), логарифмирование (Н.А.Багров), взятие отрицательной обратной величины. Путем статистических испытаний был сделан вывод о преимуществе использования преобразования путем извлечения квадратного корня из месячных сумм осадков.

На втором этапе проводился контроль однородности временных рядов месячных сумм осадков. Для месячных сумм осадков выделение неоднородностей типа флуктуаций в целом, относительно всей структуры временного ряда быть проведено с помощью критерия серий. Критерий серий позволяет судить в целом, есть ли в рассматриваемом временном ряде флуктуации типа выбросов или разрывов.

За весь теплый период, по исследуемым станциям не удалось выявить согласованных в пространстве и во времени случаев отклонения гипотезы об однородности

ности рядов, что свидетельствует о том, что, существование флуктуационной неоднородности не вносит существенного вклада в межгодовую изменчивость.

На третьем этапе ставится вопрос о наличии статистически значимого климатического монотонного тренда.

Месячные суммы осадков имеют большую изменчивость от месяца к месяцу и от года к году. На фоне большой изменчивости, в принципе, трудно говорить о колебаниях высшего порядка, чем линейный тренд. Поэтому, в работе под трендом понимался только полином первого порядка или линейный тренд. Поиск линейных монотонных трендов проводился двумя непараметрическими тестами: тестом Кендалла (инверсий) и тестом Тейла (угловые наклоны линий линейного тренда).

Критерий инверсий Кендалла, основанный на одноименном коэффициенте ранговой корреляции между месячными суммами осадков и временной возрастающей последовательностью (номерами в во временном ряду), особенно эффективен при выявлении монотонного (низкочастотного) тренда. Для количественной оценки непараметрического аналога параметра наклона линейного тренда применялся метод Тейла.

Критерий Кендалла в целом оказался более жестким, чем критерий Тейла. Так, первый выявил только 5 результатов для положительного и 5 для отрицательного тренда, тогда как второй выявил : 16 результатов для положительного и 11 для отрицательного. При этом тесты не показали совершенно одинаковых результатов, однако все результаты теста Кендалла оказались подмножеством результатов теста Тейла. Во всех случаях непараметрические оценки параметра наклона линии линейного тренда оказались более правдоподобными, по сравнению с оценками, рассчитанными по методу наименьших квадратов.

Важно отметить, что несмотря на наличие значимых трендов по отдельным станциям и месяцам, существование согласованного в пространстве и во времени многолетнего линейного тренда на Дальнем Востоке не подтверждается. Выявлено, что основная изменчивость сумм осадков определяется их межгодовым ходом, а не глобальными внутривековыми изменениями режима увлажнения.

**В третьей главе** проводится анализ пространственной структуры полей месячных сумм осадков на юге Дальнего Востока.

В условиях, когда отклонение интегральной эмпирической функции вероятности от теоретической статистически значимо, необходимо было использовать та-

кие выборочные характеристики, которые давали бы неискаженную картину и могли быть сопоставлены с аналогичными показателями для гауссова распределения.

Одним из путей является применение разновидности метода непараметрической статистики - квантильного анализа (анализа порядковых характеристик признака в совокупности, зависящих от порядка следования элементов в ранжированном ряду).

Определены непараметрические аналоги математического ожидания, стандартного отклонения и коэффициента вариации – такие, как выборочная медиана, вероятное отклонение (определяемое как абсолютная разность между 20% и 80% квантилями). Непараметрический аналог коэффициента вариации определится как отношение вероятного отклонения величины к выборочной медиане.

Традиционный метод построения карт климатических норм подразумевает работу в z-системе координат. В результате имеем уравнение некоторой поверхности, где точка может быть однозначно охарактеризована определенным значением  $\mu = \mu(\varphi, \lambda)$ , где роль значения z-координаты играет  $\mu$ . В этом случае различные области этой поверхности будут иметь различную обеспеченность, что в дальнейшем может приводить к самым причудливым узорам на карте, к явлению "пятнистости" распределения осадков.

Поэтому предлагается использование в дальнейшем карт сумм осадков, рассчитанных с некоторой постоянной одинаковой обеспеченностью, с одновременным отказом от использования карт норм осадков, так как использование средних в данном случае будет простой формальностью.

Данный подход позволил провести разделение (типизацию) очагов максимальных и минимальных значений месячных сумм осадков:

- 1) низковероятностные, если они прослеживаются на картах 20%-ной обеспеченности,
- 2) средневероятностные, если они прослеживаются на картах 20% и 50%-ной обеспеченности,
- 3) высоковероятностные, если они прослеживаются на картах 20%, 50% и 80%-ной обеспеченности.

Характерной особенностью пространственно-временного распределения фонового режима осадков на юге Дальнего Востока России является существование

квазистационарных очагов максимальных и минимальных значений сумм осадков по всем месяцам теплого периода. При этом очаги минимальных значений являются более устойчивыми во времени и отмечаются как в летние, так и в месяцы переходных периодов (апрель, май, сентябрь, октябрь). Характерной чертой очагов максимальных значений является их быстрый рост к лету, наличие крайне экстремальных по сравнению с соседними районами значений в центрах около соответствующих станций значений и почти полное исчезновение к октябрю.

В течение лета характерно наличие орографических пар типа “максимум-минимум”, соответственно на западных и восточных сторонах горных хребтов.

Орографические эффекты в плане формирования режима увлажнения выражаются прежде всего в существовании орографических минимумов, т.е. более устойчивым является явление уменьшения средних месячных многолетних сумм осадков за хребтами: Буреинским, Сихотэ-Алинским, Ляодунским (в КНР), которые формируют соответственно такие минимумы на станциях Сквордино, Им. Полины Осипенко, Сосуново, а также на Приханкайской равнине.

Перестройка поля осадков с режима холодного периода на режим теплого периода происходит к июню. Особенностью данной перестройки является появление либо резкое увеличение интенсивности очагов максимальных значений при сохранении очагов минимальных значений.

Режим осадков для теплого периода разбивается на две фазы. Первая заключается в резком увеличении плевниографических градиентов, при сохранении принципиальной картины, существовавшей весной. Вторая фаза заключается в коренной перестройке поля осадков южнее  $48^{\circ}$  с.ш., при которой области повышенных и пониженных значений меняются местами. Данная перестройка только намечается в августе, а к сентябрю она уже заканчивается.

В октябре происходит резкая перестройка поля осадков на режим холодного периода. Количество осадков за теплый период на наветренных склонах горных хребтов юга Дальнего Востока возрастает по сравнению с пониженными, защищенными от влагоносных ветров участками на величину от 60% в переходные сезоны до 80% в летние месяцы.

На основании нормализованных с помощью преобразования месячных сумм осадков “ $\sqrt{x}$ ” произведено объективное районирование территории Приморского края параметрическим методом иерархического кластерного анализа.

Для сведения к минимуму числа кластеров использовался вариант кластерного анализа по Уорду (Ward), отличный от всех других методов тем, что использует подход дисперсионного анализа, чтобы оценить расстояния между кластерами. Критерий основан на строгих подходах многомерного анализа (дискриминатного, дисперсионного и т.д.). Смысл использовавшегося алгоритма в том, что на каждом шаге его работы осуществлялась проверка условия минимизации внутригрупповой дисперсии на множестве двух операций: объединения (разделения) и перемещения. Каждый объект переносился в ту группу, в которой обеспечивался максимальный прирост критерия на множестве всех возможных перемещений.

В первый район, условно называемый "Северное побережье", вошли мысовые станции: Золотой, Сосуново. Во второй район, условно называемый "Восточное побережье", вошли станции Богополь, Терней, Маргаритово, Преображение. В третий район, "Центр", вошли станции: Дальнереченск, Охотничий, Рощино. И, наконец, четвертый, самый многочисленный по станциям, район "Южное Приморье". В него вошли такие станции, как Астраханка, Турий Рог, Пограничный, Анучино, Тимирязевский и Владивосток.

Итак, объективное районирование территории Приморского края по степени однородности режима осадков для теплого времени года показало, что пространственное распределение месячных сумм осадков на юге Дальнего Востока может быть отнесена к орographicкому типу по системе классификации немецкого климатолога Вагнера.

**В четвертой главе** проводится комплексный анализ синхронных связей между месячными суммами осадков на юге Приморского края и особенностями тропосферной циркуляции.

Исследование циркуляционных особенностей проводилось на материале ежедневных полей давления и геопотенциала поверхности 500 гПа за 1966-1985 гг. и среднемесячных полей  $H_{1000}^{500}$  за период 1950-1988 гг.

Схема прогноза разрабатывалась на примере Южного Приморья – территории с основными объектами сельскохозяйственной деятельности, а также с относительно высокой плотностью населения. Предлагаемый подход может быть реализован в дальнейшем для других районов Дальневосточного региона.

На первом этапе анализировались циркуляционные особенности, которые определяют выпадение осадков, а также дефицит или избыток осадков в целом за

месяц. Производился расчет шаблонов - ежедневных полей приземного давления и  $H_{500}$ , типичных для ситуаций "без осадков" и "сильные осадки" по терминологии Наставлений по службе прогнозов.

Шаблоны полей давления, соответствующие условиям формирования для ситуаций "без осадков" и "сильные осадки", показывают существенные различия в междуширотном обмене воздушных масс полярного и тропического происхождения.

Меридиональная конфигурация поля давления на уровне 500 Гпа, сопровождающая продолжительные сильные осадки, характерна для всех месяцев периода апрель-октябрь. Изменяются только высоты изобарических поверхностей, в соответствии с сезонным ходом. При этом у земли в районе северо-восточного Китая либо юго-западного Приморья наблюдается циклон. Одновременно, в апреле, сентябре и октябре над озером Байкал наблюдается антициклон. В июне, июле и августе данного антициклона не отмечается. Во всех месяцах теплого периода над Японскими островами и Тихим океаном находится малоподвижный антициклон.

Для периода май-август отсутствие осадков вызывается продолжительным нахождением над югом Дальнего Востока периферии северотихоокеанского антициклона. Для сентября и октября отсутствие осадков вызывается уже влиянием периферии азиатского антициклона. Соответствующие апрельские поля занимают промежуточное положение – над югом Дальнего Востока находится перемычка повышенного давления между сибирским и северотихоокеанским антициклонами.

Следующим шагом был анализ общих черт и различий характера аномалий среднемесячных полей  $H_{1000}^{500}$  во втором естественном синоптическом районе при дефиците и избытке месячной суммы осадков на юге Приморского края.

Месячная сумма осадков по югу Приморского края относилась к категории "дефицит", если сумма значений по станциям не превышала 80% от суммы климатических норм по станциям, входящим в район. Месячная сумма осадков по району относилась к категории "избыток", если сумма значений по станциям превышала 120% от суммы климатических норм по станциям, входящим в район.

В соответствии с этим правилом, среднемесячные были разбиты на две группы. В первую группу вошли поля, соответствующие дефициту осадков в Южном Приморье. Во вторую группу вошли поля, соответствующие избытку осадков в Южном Приморье.

Характер связей между аномалиями полей  $H_{1000}^{500}$  и классами полей осадков показывает, что в случае "избыток осадков" во все месяцы теплого периода сосуществуют: ложбина холода над северо-восточным Китаем и гребень тепла над Приморьем или Японскими островами. В случаях "дефицит осадков" ситуация меняется на противоположную.

Указанные различия наблюдаются только в районах Восточной Сибири, Дальнего Востока и северной части Тихого океана (Берингово море). В любом случае усиление или ослабление алеутского очага холода приводит к изменению характера погоды в Южном Приморье.

Описанные особенности в характере распределения аномалий  $H_{1000}^{500}$  отмечаются только во втором естественном синоптическом районе. В европейском и американском секторах не удалось выявить какие-нибудь устойчивые закономерности.

В дальнейшем был проведен объективный анализ циклогенеза над вторым естественным синоптическим районом.

С целью сведения до минимума субъективных ошибок при рассмотрении ежедневных полей приземного давления процесс составления карт-схем был сведен к выполнению нескольких операций.

1. На основе ежедневных полей приземного давления для каждого месяца года по имеющейся выборке рассчитывались соответствующие поле завихренности в геострофическом приближении по формулам

$$\text{rot}_R \vec{V} = \frac{1}{R \sin \theta} \left[ \frac{\partial V_1 \sin q}{\partial q} - \frac{\partial V_q}{\partial l} \right],$$

$$V_\theta = - \frac{g}{R \sin q} \frac{\partial P}{\partial \omega \cos q} \frac{\partial P}{\partial l}$$

$$V_\lambda = \frac{g}{R \omega \cos q} \frac{\partial P}{\partial q}$$

где  $\theta$  - полярный угол, или дополнение широты до  $90^\circ$ ,  $R$  - радиус Земли,

$\omega$  - угловая скорость вращения Земли,  $P$  - приземное давление,  $g$  - ускорение свободного падения.

2. Суммировались только положительные значения рассчитанных ежедневных данных завихренности и находились соответствующие среднемесячные значения.

Рассчитанные средние месячные многолетние положительные значения геострофической завихренности для периода апрель-октябрь в течение всех месяцев теплого периода образовали своеобразные вытянутые эллипсы максимальных значений. Эти оси симметрии данных эллиптических областей по своему расположению полностью совпали с линиями климатологических фронтов. Для групп лет и с дефицитом и с избытком месячной суммы осадков отмечено устойчивое деление зон максимальных положительных значений вихря скорости на три системы: самую северную - арктическую, затем - полярную и пассатную, что соответствовало расположению климатологических фронтов.

Дефицит и избыток осадков в Южном Приморье определяется положением полярного климатического фронта. При этом, начиная с мая, и заканчивая августом, на количество осадков оказывает влияние западная половина ветви полярного климатического фронта, тогда как в сентябре и октябре - восточная половина ветви. Картина апреля занимает промежуточное положение. Большая межмесячная изменчивость положения тихоокеанского климатического фронта, связанного с соответствующей миграцией северо-западной периферии северотихоокеанского антициклона, позволяет говорить о важности именно этой характеристики для режима осадков в Южном Приморье.

Месяцы теплого периода (апрель-октябрь) могут быть сгруппированы по интенсивности процессов: с мая по август - месяцы со слабовыраженным циклогенезом; сентябрь, октябрь и апрель – месяцы с активным циклогенезом.

Таким образом, рассмотренные поля давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$  достаточно полно отражают влияние атмосферной циркуляции на формирование осадков и могут быть привлечены для разработки схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков.

**Пятая глава** посвящена схеме долгосрочного прогноза месячных сумм осадков по станциям юга Дальнего Востока в теплое полугодие с заблаговременностью от одного до девяти месяцев (на примере Южного Приморья).

Основным подходом является параметрический нелинейный дискриминантный анализ. Теоретическое обоснование применения дискриминантного анализа для прикладных задач изложено как в зарубежных работах Р.Фишера, Т.Андерсона, Н.Нильсона, Р.Дженрича, так и в отечественных работах Н.А.Багрова, М.Г.Тер-Мкртчяна, Л.Е.Лукияновой и др.

При разработке автоматизированной схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков для Южного Приморья предполагалось, что среднемесячное термобарическое поле северного полушария с достаточной точностью могут быть описаны среднемесячными полями приземного давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$  (информантами). Обучающая выборка формировалась на материале 1950-1988 гг., независимая выборка составила 8 лет (1989-1996 гг.).

Так как фактическое число предикторов в дискриминатной схеме должно быть ограничено, то необходимо было провести комплексный отбор информативного подмножества полей предикторов - информативных точек в узлах регулярной сетки. Это комплексный отбор включал в себя:

- 1) выбор наилучшего информанта;
- 2) выбор информативных точек по исследуемому району северного полушария.

Решение принималось на основе качественной оценки отношения внутригрупповой дисперсии статистики Уилкса для классов этих полей предшествующим осуществлению определенной градации.

В целях уменьшения погрешности вычислений отбор информативных точек осуществлялся в два этапа. На первом этапе, как правило, из  $36 \times 11 = 396$  точек северного полушария ( $40^\circ$ - $90^\circ$  с.ш.) отбиралась подгруппа объемом порядка 20-30 информативных точек. На втором этапе, из этой подгруппы выбирались максимум лучшие шесть точек, учитывая объем имеющейся обучающей выборки (39 лет). В результате, вектор предсказателей являлся шестимерным ( $d=6$ ).

Перед расчетом дискриминантных функций проводился классификационный анализ потенциальных предикторов, основанный на принципе уменьшения отношения внутригруппового расстояния к межгрупповому в анализируемом пространстве предсказателей.

Используемый в настоящей работе метод отбора переменных - информативных точек северного полушария, основан на последовательном испытании существенности проверяемых переменных. Испытание существенности, основанное на F-статистике дисперсионного анализа относится к нулевой гипотезе  $H_0$ , которая заключается в том, что при добавлении испытуемого предиктора добавочная дискриминация не будет достигнута.

В настоящей работе использовались следующие правила перебора потенциальных предикторов:

- а) переменная не исключалась, если значение ее F-статистики исключения было больше или равно критическому значению.
- б) переменная не включалась, если значение ее F-статистики включения было меньше критического значения.
- в) переменная не включалась, если значение ее толерантности было ниже установленного порога, в соответствии с критерием Стьюдента.

Весь цикл этапов дискриминатного анализа, начиная с классификационного анализа испытуемых переменных и заканчивая расчетом дискриминатных функций был реализован на алгоритмическом языке FORTRAN-77 на основе существующих алгоритмов и блок-схем.

На первом месте по информативности оказались средние месячные поля  $H_{1000}^{500}$  ( $\Lambda=0.17$ ), далее следовали средние месячные поля приземного давления ( $\Lambda=0.29$ ), и, наконец, поля  $H_{500}$  ( $\Lambda=0.3$ ). В связи с этим для дальнейшей работы были выбраны поля  $H_{1000}^{500}$ .

Можно обратить внимание на тот факт, что количество информативных точек в поле относительной топографии резко уменьшалось севернее  $70^\circ$  с.ш. Это важное обстоятельство заставляет предполагать, что информативность средней температуры пятикилометрового слоя тропосферы в полярных широтах уступает аналогичной информативности в умеренных широтах. По этой причине и для уменьшения вычислительных погрешностей при пошаговых процедурах отбора, все дальнейшие расчеты проводились только в широтном поясе  $40^\circ - 70^\circ$  с.ш., что составило  $36 \times 7 = 252$  точки.

Дальнейшая качественная проверка показала, что для отобранных информативных точек расстояния между классами являлись статистически значимыми, что подтверждало основное предположение о том, что различные аномалии поля осадков обусловлены различиями в термобарических полях за некоторый предшествующий период.

Для выявления целесообразности перехода от линейной к квадратичной дискриминантной схеме проверялась гипотеза о равенстве ковариационных матриц на основе их выборочных значений.

Равенство ковариационных матриц проверяется с помощью критерия обобщенных дисперсий Бокса. В этом критерии за основу принята разность между логарифмом определителя обобщенной оценки ковариационной матрицы и средним значением логарифмов определителей выборочных ковариационных матриц. По мере увеличения отклонений дисперсий и ковариаций выборок друг от друга эта статистика возрастает. На практике обычно пользуются аппроксимацией  $\chi^2$ -распределением.

Все значения статистики Бокса в среднем в 1.5-2 раза превосходили этот предел, то было выбрано квадратичное решающее дискриминантное правило.

Прогноз градации месячной суммы осадков по каждой станции осуществлялся по формуле

$$g_i(\mathbf{X}) = -\frac{1}{2} \mathbf{X}^t \Sigma_i^{-1} \mathbf{X} + \mathbf{X}^t \Sigma_i^{-1} \mathbf{M}_i - \frac{1}{2} \mathbf{M}_i^t \Sigma_i^{-1} \mathbf{M}_i + \ln \pi_i - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i|, \quad i=1,3,$$

где  $i$  - порядковый номер класса,  $g_i$  - дискриминантная функция для  $i$ -го класса,

$t$  - знак транспонирования,  $\mathbf{M}_i$  -  $d$ -мерный средний вектор предикторов,

$\Sigma_i^{-1}$  - ковариационная матрица  $i$ -го класса,  $\pi_i$  - апостериорная (климатическая) вероятность  $i$ -го класса,  $\mathbf{X}$  - вектор предикторов (значения аномалий  $\mathbf{H}_{1000}^{500}$  по шести наиболее информативным точкам в широтном поясе  $40^\circ - 70^\circ$  с.ш.).

После расчета дискриминантных функций  $g_i(\mathbf{X})$  осуществляется расчет условной вероятности того, что наблюдение  $\mathbf{X}$  произведено над  $i$ - классом, т.е. постериорной вероятности

$$p_i(\mathbf{X}) = \frac{\exp(g_i)}{\sum_{k=1}^m \exp(g_k)}, \quad i=1, \dots, m.$$

При выборе градации (дефицит, норма, избыток) предпочтение отдавалось той градации, для которой  $p_i(\mathbf{X})$  принимало максимальное значение.

При построении автоматизированной схемы долгосрочного прогноза решено ограничиться использованием полей приземного давления и  $\mathbf{H}_{500}$ , поскольку эти поля могут быть получены по каналам связи в оперативном режиме. Как показал проведенный анализ, перспективным может быть и привлечение в качестве предикторов средних месячных полей положительной завихренности и  $\mathbf{H}_{1000}^{500}$ . Однако, ограниченность доступной оперативной информации, поступающей по каналам

связи, отсутствие репрезентативных архивов указанных ежедневных полей в настоящее время ограничивает применение характеристик данных полей.

Оценка прогноза осуществлялась согласно Наставлению по службе прогнозов (1986 г.) на обучающей (1950-1988 гг.) и контрольной выборке (1989-1996 гг.). Прогноз считался успешным, если оправдываемость была выше случайной (57%).

Последовательно для каждой станции и для каждого прогнозируемого летнего месяца находились информативные исходные месяцы в предшествующий 11-месячный период времени. При этом замечено, если значения постериорных вероятностей были сравнимы с друг другом, то можно было ожидать ошибочного прогноза. В этом случае складывалось впечатление, что статистическая схема не могла провести дискриминацию.

Надо заметить, что поиск информативного оптимального месяца является эквивалентным исследованию ритмов атмосферной предсказуемости, т.е. наиболее характерных асинхронных связей. Выбирались те месяцы, для которых наилучшие результаты показывали как обучающая, так и контрольная выборка.

На основе метода статистических испытаний был составлен каталог информативных месяцев прогноза для мая, июня, июля и августа. За информативные принимались те месяцы, по которым оправдываемость на обучающей, так и на контрольной выборке, была выше случайной.

На основании каталогов информативности сделана попытка выявить общие тенденции ритмов предсказуемости. Данная оценка проводилась по результатам оправдываемости по заблаговременностям от 11 месяцев до нулевой. Показано, что по общему характеру предсказуемости похожи июнь и июль, май и август.

При прогнозе на май и август отмечаются 2 устойчивых ритма предсказуемости с заблаговременностями: 7, 4 месяцев. Далее идут месячная и нулевая заблаговременность. При прогнозе на июнь и июль отмечается один устойчивый ритм предсказуемости - с заблаговременностью 5-6 месяцев.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности проведения долгосрочного прогноза в несколько этапов. На первом этапе будет необходимо составлять прогнозы месячных сумм осадков с заблаговременностью от 4 до 7 месяцев. На втором этапе существует возможность уточнять их с месячной или с нулевой заблаговременностью.

Одним из дополнительных тестов на объективность полученных связей является сопоставление характера предсказуемости по станциям, которые находятся в относительной близости друг от друга. Здесь необходимо отметить, что такое сходство действительно имеет место, т.е. соседние станции имеют одинаковые информативные месяцы (оптимальная заблаговременность), характеристики циркуляционных полей которых позволяют давать удовлетворительные прогнозы месячных сумм осадков.

Например, при прогнозе на май оптимальная 9-месячная заблаговременность является общей по ст. Анучино и Тимирязевский. Оптимальная семимесячная заблаговременность является общей по ст. Дальнереченск, Рощино, Терней, оптимальная нулевая заблаговременность - для Владивостока и Тимирязевского.

При прогнозе на июнь оптимальная шестимесячная заблаговременность является общей по ст. Тимирязевский и Владивосток. Оптимальная месячная заблаговременность является общей для ст. Терней, Рощино, Преображение.

При прогнозе на июль оптимальная трехмесячная заблаговременность является общей по ст. Дальнереченск и Терней, двухмесячная – по ст. Тимирязевский и Владивосток, месячная - по ст. Анучино и Пограничный.

При прогнозе на август оптимальная восьмимесячная заблаговременность является общей по ст. Пограничный, Анучино и Тимирязевский, семимесячная - для ст. Терней и Рощино, четырехмесячная - по ст. Тимирязевский и Владивосток, оптимальная нулевая - для ст. Рощино, Преображение, Пограничный.

Средняя оправдываемость автоматизированного метода прогноза месячных сумм осадков на независимой выборке в мае, июне, июле и августе составляет 75%, 77%, 76% и 74%, соответственно. Сравнивая успешность данных прогнозов с официальным синоптическим методом (май-50%, июнь 92%, июль и август - 76%), делаем вывод о том, что оправдываемость по этим методам находится примерно на одном уровне. Действующая в настоящее время в ДВНИГМИ схема долгосрочного прогноза месячных сумм осадков по методу Г.В. Свинухова имеет в среднем оправдываемость в мае - 77%, июне - 48%, июле - 49%, августе 73%).

Проведенное сравнение успешности предлагаемой схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков с ныне действующими методиками показывает возможность практического применения разработанной автоматизированной схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков для Южного Приморья.

Для представления результатов работы дискриминантной схемы прогноза был создан исполняемый программный модуль пользовательского интерфейса, позволяющий получить на мониторе персонального компьютера информацию о вероятностях осуществления стандартных градаций месячных сумм осадков в том или ином пункте с заблаговременностью от одного до 9 месяцев. Выдача прогностической информации о вероятностях градаций осадков в месяце прогноза происходит в удобном для потребителя текстовом виде. Результаты работы системы сводятся в таблицу и представляются на экране монитора.

**В заключении** сформулированы основные результаты исследования:

1. Результаты трех независимых тестов (хи-квадрат, тест Колмогорова-Смирнова, тест Шапиро-Уилка) позволяют говорить об объективно существующем отклонении эмпирической функции распределения месячных сумм осадков от нормального закона распределения по всем анализируемым станциям. При анализе временных рядов месячных сумм осадков необходимо по возможности пользоваться непараметрическими методами. В случае, если все же не удастся избежать использования параметрических методов анализа, оптимальной является процедура извлечения квадратного корня из величины месячной сумм осадков на станции. Именно эта процедура показала наилучшие результаты, по сравнению с логарифмированием и отрицательной обратной величиной.

2. При проведении параметрических и непараметрических тестов не удалось выявить значимые тренды хода месячных сумм осадков. При анализе временного хода месячных сумм осадков на фоне значительных колебаний год от года замечены более или менее длительные периоды с увеличением или уменьшением количества осадков. Но в целом, анализ долговременной составляющей временного ряда для сумм осадков, имеющих большую межгодовую изменчивость, показывает, что значимых изменений режима увлажнения на юге Дальнего Востока не произошло.

3. Пространственное распределение месячных сумм осадков на юге Дальнего Востока может быть отнесено к орографическому типу (классификация Вагнера).

3.1. Особенностью пространственно-временного распределения режима осадков на юга Дальнего Востока России является существование квазистационарных очагов максимальных и минимальных значений сумм осадков по всем месяцам теплого периода, соответственно на западных и восточных сторонах горных хребтов.

3.2. При этом очаги минимальных значений являются более устойчивыми во времени и отмечаются как в летние, так и в месяцы переходных периодов (апрель, май, сентябрь, октябрь). Характерной чертой очагов максимальных значений является увеличение интенсивности к лету и почти полное исчезновение к октябрю.

4. На основе исследования ежедневных полей давления и геопотенциала поверхности 500 гПа и среднемесячных полей  $H_{1000}^{500}$ , разработаны карты-шаблоны приземного поля давления,  $H_{500}$  и  $H_{1000}^{500}$ , для различных классов осадков, показывающие существенные различия в междуширотном обмене воздушных масс полярного и тропического происхождения и позволяющие классифицировать условия экстремального увлажнения.

В случаях избытка осадков на юге Приморского края во все месяцы теплого периода сосуществуют: ложбина холода над северо-восточным Китаем и гребень тепла над Приморьем или Японскими островами на картах  $H_{1000}^{500}$ . В случаях дефицита осадков на юге Приморского края ситуация меняется на противоположную. Основные различия на этих картах наблюдаются только во втором естественном синоптическом районе. В любом случае усиление или ослабление алеутского очага холода приводит к изменению характера погоды на юге Дальнего Востока.

5. Структура общей циркуляции атмосферы в экстремальные годы (засушливые и влажные) тесно связана с аномальным циклоническим вихревым переносом от земли до уровня средней тропосферы.

Очаги месячных максимальных положительных значений геострофической завихренности для всех месяцев теплого периода имеют эллиптическую форму. Главные оси симметрии данных эллиптических областей по своему расположению полностью совпадают с линиями климатологических фронтов.

6. Подтверждено полное статистически значимое различие в циркуляционных механизмах формирования сухих и влажных лет на юге Дальнего Востока. Это означает, что эти механизмы должны подготавливаться соответственно различными процессами развития атмосферной циркуляции в предыдущий период. Конкретно, это различие выражается в том, что наиболее характерные аномалии поля осадков на юге Дальнего Востока (дефицит, нормы, избыток) формируются в предыдущий период определенными различиями термобарического поля северного полушария.

7. На первом месте по информативности стоят средние месячные поля  $H_{1000}^{500}$ , далее следуют средние месячные поля приземного давления, и, наконец, поля  $H_{500}$ .

7.1. На основе метода статистических испытаний были определены информативные месяцы для прогноза на май-август, по которым оправдываемость на обучающей, так и на контрольной выборке, была выше случайной.

7.2. При прогнозе на май и август отмечаются 2 устойчивых ритма предсказуемости с заблаговременностями: 7, 4 месяцев. Далее идут месячная и нулевая заблаговременность. При прогнозе на июнь и июль отмечается один устойчивый ритм предсказуемости - с заблаговременностью 5-6 месяцев.

7.3. Одним из дополнительных тестов на объективность полученных связей является сопоставление характера предсказуемости по станциям, которые находятся в выделенных районах. Станции района имеют одинаковые информативные месяцы (оптимальная заблаговременность), характеристики циркуляционных полей которых позволяют давать удовлетворительные прогнозы месячных сумм осадков.

7.4. Полученные результаты позволяют говорить о возможности проведения долгосрочного прогноза в несколько этапов. На первом этапе будет необходимо составлять прогнозы месячных сумм осадков с заблаговременностью от 4 до 7 месяцев. На втором этапе существует возможность уточнять их с месячной или с нулевой заблаговременностью.

7.5. Средняя оправдываемость автоматизированного метода прогноза месячных сумм осадков на независимой выборке в мае, июне, июле и августе составляет 75%, 77%, 76% и 74%, соответственно, что в июле и августе находится на уровне прогнозов по синоптическому методу, в мае оценки методического прогноза выше на 25%, а в июне – ниже на 15%.

Проведенное сравнение успешности предлагаемой схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков с ныне действующими методиками показывает возможность практического применения разработанной автоматизированной схемы долгосрочного прогноза месячных сумм осадков для Южного Приморья.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности проведения долгосрочного прогноза в несколько этапов. На первом этапе будет необходимо составлять прогнозы месячных сумм осадков с заблаговременностью от 4 до 7 месяцев. На втором этапе существует возможность уточнять их с месячной или с нулевой заблаговременностью.

**По материалам диссертации опубликованы работы:**

1. Варламов С.М., Дашко Н.А., Крохин В.В. О некоторых способах прогноза приземного давления в районах с ограниченной метеорологической информацией - Обнинск: Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД.- 1992- № 864 ГМ-92.
2. Крохин В.В. Уточнение прогностической информации методом разложения по естественным ортогональным функциям // Труды ДВНИГМИ. - 1996. - Вып.147.
3. Крохин В.В. О некоторых способах статистической обработки данных месячных сумм осадков // Труды ДВНИГМИ. - 1997. - Вып.148.
4. Крохин В.В. Физико-статистический способ прогноза месячных сумм осадков с нулевой и месячной заблаговременностью для станций Приморского края в теплое полугодие // Труды ДВНИГМИ. - 1997. - Вып.148.
5. Крохин В.В. Подбор распределения аномалий месячных сумм осадков для целей районирования Приморского края. - Обнинск: Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД.- 1997 - № 1198-гм97.
6. Крохин В.В. Способ прогноза месячных сумм осадков в Приморском крае в теплое полугодие - Обнинск: Деп. в ИЦ ВНИИГМИ-МЦД.- 1997 - № 1198-гм97.

**Крохин В.В.**

**Осадки на юге Дальнего Востока России в теплое полугодие:  
пространственно-временное распределение, условия формирования  
и автоматизированная схема долгосрочного прогноза**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Подписано к печати 17 апреля 1998 г. Заказ 42. Тираж 100 экз.

Объем - 1 п.л. Отпечатано в типографии ДВНИГМИ  
690600, Владивосток, Фонтанная, 24