

Федеральная служба России  
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ТРУДЫ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНАЛЬНОГО  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА



Е.М.Вербицкая

**СРЕДНЕСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ  
ЭЛЕМЕНТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ  
ДЛЯ СТАНЦИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО  
РЕГИОНА РОССИИ**

*Под редакцией  
канд. геогр. наук И. В. Бобриковой  
канд. геогр. наук Ю. В. Любичского*



Санкт-Петербург  
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ  
2003

Приведены результаты исследований по прогнозу основных элементов погоды на средние сроки (до 5 сут) с детализацией по дням для пунктов Дальневосточного региона России на основе статистической интерпретации полей метеозадающих элементов.

Изложены концептуальные принципы и алгоритм построения статистических моделей. Описаны методы и технология прогноза экстремальной и среднесуточной температуры воздуха у земли, скорости и направления приземного ветра, наличия и количества осадков, использующие прогностическую продукцию гидродинамических моделей атмосферы.

Приводятся оценки качества прогнозов, рассчитанные по архивам фактических данных и полученные в результате оперативных испытаний на прогностических полях Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

Рассчитана на научных сотрудников и специалистов в области прогноза погоды, аспирантов и студентов гидрометеорологических специальностей.

**Труды ДВНИГМИ, вып. 149**

**Е. М. Вербицкая**

**СРЕДНЕСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЭЛЕМЕНТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ  
ДЛЯ СТАНЦИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РОССИИ**

Редактор *О. В. Лапина*. Художественный редактор *Л. А. Унрод*.  
Технический редактор *Н. Ф. Грачева*. Корректор *И. А. Крайнева*.  
Компьютерная верстка *М. В. Дукальская*.

ЛР № 020228 от 10.11.96 г.

Подписано в печать 27.10.03. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Печ. л. 10. Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 11,24. Тираж 300 экз. Индекс 217/02.

Гидрометеоздат. 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38.

1805040400-17  
В 069(02)—03

© Дальневосточный региональный  
научно-исследовательский гидро-  
метеорологический институт  
(ДВНИГМИ), 2003 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных задач регионального НИИ является создание методик прогноза элементов погоды на различные сроки по зоне ответственности региональных специализированных гидрометцентров (РСМЦ) на основе использования и интерпретации результатов численных прогнозов полей метеозадающих элементов полусферного и регионального масштабов с привлечением региональных физико-статистических зависимостей [73, 77]. При выборе подхода к созданию таких методик важно учитывать уровень технического и информационного обеспечения пользователя, перспективы его развития, а также естественное стремление иметь современную автоматизированную технологию производства и выпуска различных видов гидрометеорологических прогнозов в соответствии с мировыми стандартами.

Достигнутые к настоящему времени успехи в области гидродинамического предвычисления крупномасштабных особенностей атмосферной циркуляции сроком до 5—7 дней привели к полному вытеснению синоптика из области прогноза метеорологических полей в тропосфере и нижней стратосфере [18, 34]. Более скромными являются достижения в предвычислении распределения метеорологических элементов в пограничном слое, необходимые для прогноза собственно погоды, т. е. ожидаемых максимумов и минимумов температуры, факта выпадения и количества осадков, облачности, ветра и опасных явлений погоды [40, 73]. Попытки их непосредственного расчета в рамках гидродинамической модели пока не привели к удовлетворительным результатам [18, 19, 34, 40]. Вследствие этого уже в 70-е годы для прогноза элементов погоды стали применяться системы взаимодействия человека и ЭВМ, названные в зарубежной литературе Man-Machine Mix. Такие системы включают в себя совокупность приемов и способов, позволяющих при прогнозировании погоды комбинировать в том или ином виде традиционные синоптические и численные методы, причем под численными методами в данной ситуации подразумеваются наряду с гидродинамическими методами также и статистические, называемые часто в литературе „объективными” [24, 60, 89]. Наиболее простой способ взаимодействия человека и ЭВМ заключается в использовании синоптиком продукции численных прогностических схем в качестве

вспомогательного материала при формулировании прогноза погоды. Этот уровень взаимодействия в настоящее время преобладает в практике отечественных метеорологических служб, тогда как в службах погоды ведущих зарубежных метеорологических центров достигнут существенно более высокий уровень взаимопроникновения синоптических и численных методов [73, 89, 110—112].

Наиболее развитой из ныне существующих является система, разработка которой была начата еще в 70—80-х годах в службе погоды США [89, 110]. Важнейшими составными элементами ее являются следующие подсистемы: сбор метеорологических данных; численный (объективный) анализ; численный (гидродинамический) прогноз основных метеорологических полей; архив метеорологических данных; объективные (статистические) прогнозы явлений и элементов погоды; оценка качества прогнозов. Принципиально важной для всей системы является подсистема объективных прогнозов явлений и элементов погоды, разработанная в Techniques Development Laboratory Национальной метеорологической службы США под руководством Клейна и Глана. В контексте представляемой работы следует отметить ряд существенных особенностей этой подсистемы:

разработка статистических методов прогноза элементов локально: погоды базируется на весьма совершенных гидродинамических прогнозах крупномасштабной атмосферной циркуляции, включая элементы тепло- и влагообмена;

накоплены достаточно обширные архивы не только данных метеорологических наблюдений, но и прогностической продукции собственных гидродинамических моделей атмосферной циркуляции;

используется простой линейный статистический аппарат, в основном имеющийся в стандартном математическом обеспечении используемых ЭВМ.

Вслед за Национальной метеорологической службой США подобные подсистемы разработали и внедрили в оперативную практику службы погоды других стран [6, 13, 20, 36, 54, 60, 95, 101, 112]. Российская метеорологическая служба имеет схожую по целям и структуре подсистему в Гидрометцентре России [23, 25, 62]. Более простой аналог такой подсистемы функционирует и развивается в Западно-Сибирском РГМЦ [39, 102—105]. Подсистема, опирающаяся на собственную региональную гидродинамическую модель атмосферы (ГДМА) для краткосрочных прогнозов погоды разработана в Среднеазиатском региональном центре [94, 106]. Создана и функционирует региональная схема прогноза среднесуточной температуры воздуха на 5 сут и дням для Кольского полуострова и акватории Баренцева моря [8, 9, 94].

На сегодняшний день все отечественные подсистемы расчета элементов погоды (РЭП) на средние сроки (до 3—5 сут) базируются на прогностической продукции Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), передающего странам—членам ВМО прогнозы полей приземного давления, высоты поверхности 500 гПа и температуры на поверхности 850 гПа с заблаговременностью от 0 до 168 ч с шагом 24 ч.

Схема Росгидрометцентра, разработанная под руководством д-ра изм.-мат. наук П. П. Васильева, формально охватывает все регионы России, в том числе и Дальний Восток. Однако, согласно результатам теративных испытаний, именно в Дальневосточном регионе оправданность прогнозов элементов погоды по этой схеме оказалась наиболее низкой [17, 19, 45]. Кроме того, существует ряд чисто технологических причин, обусловивших потребность разработки подсистемы среднесрочного прогноза элементов локальной погоды для Дальнего Востока России: нерегулярность и несвоевременность поступления телеграмм из Росгидрометцентра, неудобная кодировка информации, непрезентативный список станций по территории Дальневосточного региона. Перечисленные причины вызвали естественное желание дальневосточных УГМС иметь собственную региональную подсистему ЭП.

Целью настоящей работы явилось создание аналогичной по целям и соответствующей техническому уровню территориальных УГМС Дальнего Востока России автоматизированной подсистемы прогноза всех элементов локальной погоды на срок до 5 сут с детализацией по районам с максимально достижимой успешностью на имеющейся информации, доступной в оперативной работе синоптика-прогнозисту. В работе приводится обоснование выбора концепции среднесрочного прогноза для территории Дальнего Востока, теоретические основы методологии и алгоритм построения статистических моделей прогноза, описание методов и технологии расчета значений суточных экстремумов температуры воздуха у земли, скорости и направления приземного ветра, наличия и количества осадков.

Описанная в настоящей работе подсистема представляет собой современную автоматизированную технологию производства среднесрочных прогнозов погоды, которая может быть легко установлена в любом УГМС Дальневосточного региона на автоматизированном рабочем месте синоптика-прогнозиста, оснащенном ПЭВМ класса не ниже АТ 486, снабженном комплексом ГИС-Метео/ЛАССО. Технологию можно использовать для разработки методов прогноза других элементов, характеристик и явлений погоды, например балла облачности или

наличия инверсий, занеся в архив историческую информацию о прогнозируемом элементе (явлении) и используя методологию построения статистических моделей, описанную во второй главе.

Монография состоит из шести глав. В первой главе приводится обоснование выбора концепции идеального прогноза для построения подсистемы среднесрочного прогноза элементов погоды с использованием прогностических полей ГДМА для территории Дальнего Востока России.

Во второй главе излагаются результаты исследований по определению временных границ исходной выборки при построении статистических моделей для прогноза элементов локальной погоды на станциях Дальневосточного региона России. Сформулированы основные принципы формирования списка потенциальных предикторов и дано их подробное обоснование. Обсуждается методология построения статистических моделей и ее реализация для прогнозов элементов погоды на рассматриваемой территории. Показана необходимость деления исходных выборок по типам воздушных масс для формирования статистически однородных обучающих выборок. Описан алгоритм построения расчетных уравнений с использованием ряда оригинальных решений разработанных автором в целях повышения качества и эффективности прогностических схем.

В третьей главе описан комплексный метод прогноза экстремальной и среднесуточной температуры воздуха у земли. Приводятся способы и критерии комплексации. Обсуждается физико-географическое содержание результатов комплексации по независимым архивным выборкам и прогностическое содержание коррекции полученной комплексации при настройке ее на прогностическую продукцию Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды. Представлены результаты авторских и производственных испытаний.

В четвертой главе изучается метод прогноза скорости и направления приземного ветра. Обсуждаются информационные возможности разработанной технологии для прогноза данного элемента погоды на территории Дальневосточного региона России. Представлены результаты оперативно-производственных испытаний на 12 станциях Амурской области и Хабаровского края, проведенных в дальневосточном УГМС.

В пятой главе описан метод прогноза наличия и количества осадков. Показано, что при прогнозировании осадков для Дальневосточного региона России недостаточно деления исходных выборок на тип воздушных масс. Представлена детализация этого деления по „фаза динамической волны“, позволяющая разделить осадки на типы,

торыми так или иначе связаны их количество и интенсивность. По-  
зан способ прогноза наличия осадков посредством сравнения расчет-  
ного количества с заранее определенными для каждой станции, сезона  
да и типа текущего процесса дискриминантными уровнями, имеющи-  
и вполне определенный физический и вероятностный смысл.

В шестой главе дано краткое описание технологии расчета прогно-  
на ПЭВМ и пакета программ для ее реализации. Наиболее объемные  
блично-справочные материалы и количественные оценки сведены в  
иложения, на которые в тексте делаются ссылки по мере  
обходимости.

# **1. ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ РЭП В ПОДСИСТЕМЕ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЭЛЕМЕНТОВ ЛОКАЛЬНОЙ ПОГОДЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА**

При разработке методов прогноза элементов погоды, использующих прогностическую продукцию ГДМА, применяют два различных подхода: концепцию идеального прогноза PP (perfect prognosis) и концепцию MOS (Model output statistic), или в русском варианте СИГ (статистическая интерпретация гидродинамического прогноза). Концепция идеального прогноза подразумевает расчет статистических зависимостей величины прогнозируемого элемента (предиктанта) от значений предсказателей (предикторов) по архивам фактических данных. Согласно концепции MOS, вектор коэффициентов множественной линейной регрессии рассчитывается по архиву прогностических полей. При этом концепция MOS требует построения своих уравнений регрессии для прогноза каждой заблаговременности. Такой прогноз может рассчитываться в региональных и территориальных метеопцентрах, которые гидродинамические прогнозы поступают по каналам связи кода GRID или GRIB.

История развития обеих концепций подробно изложена, например в [89], где также приведен детальный анализ достоинств и недостатков того и другого подходов и особенностей их применения в практике РЭП. Здесь же с учетом целей настоящей работы важно отметить следующее.

1. Концепция идеального прогноза обеспечивает автоматическое улучшение качества прогнозов элементов погоды вплоть до оценки полученных по архивам фактических данных, при усовершенствовании гидродинамической основы без какой-либо коррекции прогностических уравнений. Усовершенствование самих методов прогноза в этом случае производится в плане построения более успешной статистической или физико-статистической модели расчета прогнозируемого элемента или явления. Тут возможны два подхода. Первый предполагает включение в схему прогноза новых физических влияющих факторов (физический подход). К сожалению, возможности такого подхода ограничиваются той информацией, которую можно получить из ГДМА. Второй подход основан на выделении из архива ситуаций позволяющих построить статистически однородные рабочие выборки



статистический подход). Очевидно, что оба подхода взаимно дополняют друг друга.

2. Из данных об уровне оправдываемости прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха, достигнутом при использовании различных концепций в НМЦ США, приведенных в [89], видно, что концепция MOS „обеспечивает относительно более высокую оправдываемость, чем концепция РР, хотя в абсолютном смысле ее преимущество не столь уж велико”, особенно с учетом гораздо более высокой рудоемкости в реализации подсистемы в рамках концепции MOS. Тем не менее в связи с тем, что успешность прогноза метеорологических олей по ГДМА с увеличением заблаговременности понижается [18, 5], большие затраты труда и более высокие требования к вычислительной технике и объемам архивной информации могут быть оправданы более высоким качеством прогноза элементов погоды с заблаговременностью от 72 до 120 ч. Заметим сразу же, что для прогноза погоды с заблаговременностью 24—120 ч для территории Дальнего Востока могут быть использованы прогнозы ЕЦСПП с заблаговременностью 48—44 ч вследствие различия временных поясов, затрат времени на расчет прогноза и передачу информации. При задержке поступления информации приходится пользоваться прогнозами метеополей с заблаговременностью от 72 ч и более.

Кроме относительной простоты реализации, существует еще ряд обстоятельств, свидетельствующих в пользу концепции РР при создании системы РЭП в региональных или территориальных метеорологических центрах, не имеющих собственной гидродинамической модели атмосферы с удовлетворительными прогностическими свойствами и необходимой заблаговременностью прогнозов. Во-первых, прогнозы ЦСПП поступают нерегулярно. Концепция РР позволяет в таких случаях перейти на продукцию других ГДМА, например отечественную модель Гидрометцентра России [35]. При полном поступлении информации концепция РР позволяет производить комплексацию прогнозов с различным ГДМА для различных целей, территорий и типов текущих процессов, не создавая при этом дополнительных архивов прогностической информации. Во-вторых, постоянное совершенствование самих гидродинамических моделей может поставить под сомнение статистическую однородность накапливаемых архивов прогностических олей, что может полностью свести на нет основное преимущество концепции MOS — более высокую успешность прогноза элементов погоды при использовании прогностических полей, рассчитанных с большой заблаговременностью.

Кроме того, опыт работы по автоматизированной архивации метеоэлементов показал, что существенную долю ошибок в поступающей информации составляют те, которые сложно выявить программным способом. Одна из наиболее распространенных ошибок — потеря знака числа в значениях экстремальной температуры. Такая ошибка легко выявляется для зимних месяцев, однако в переходные периоды года, когда значения температуры обоих знаков равновероятны, выявление ошибок путем статистической обработки невозможно.

В процессе разработки и испытаний данной подсистемы автором проводился анализ влияния ошибок в архивной информации на результаты прогноза экстремальных температур. Из сказанного можно сделать вывод: хороший архив — залог успеха; ошибки в архивной информации являются причиной многих неудач, особенно при уменьшении длины выборки. Последнее же происходит всякий раз, когда в методике применяется подход с делением архивной выборки на ситуации. Ошибки в архивной информации могут существенно влиять на выборочные значения статистических параметров прогнозируемого элемента, что приводит в конечном итоге к снижению качества прогноза. Подтверждением этому служит широко известный факт: при разработке статистических, физико-статистических или синоптико-статистических методов гидрометеорологических прогнозов качеству исходной информации уделяется большое внимание. Так, например, в работе П. П. Васильева [24] подробно обсуждаются вопросы качества архивной информации и способов ее контроля, применяемых в практике РЭП на средние сроки в Гидрометцентре России. В [24] отмечается, что программным способом можно устранить только самые грубые ошибки: далее всю информацию необходимо подвергать визуальному контролю.

В пользу концепции „идеального” прогноза свидетельствуют еще два немаловажных фактора. Это, во-первых, результаты сравнительной оценки качества прогнозов экстремальной температуры, проведенной автором в период с января 1991 г. по декабрь 1993 г. в процессе оперативных испытаний метода прогноза экстремальной температуры (далее  $t_{\text{экс}}$ ), разработанного И. В. Майоровой [53]. В основу метода положен подход, разработанный в ЗапСибНИИ И. Г. Храмцовой и Г. А. Шустовой [104, 105]. Этот метод опирается на концепцию идеального прогноза, расчет значений  $t_{\text{экс}}$  проводится по уравнениям регрессии с фиксированным набором предикторов. Коэффициенты в уравнении регрессии рассчитываются по выборкам за текущий календарный месяц. Прогностические уравнения имеют вид

$$t_{\text{экс}}(\tau) = A_0 + A_1 t_{\text{экс}}(\tau-1) + A_2 P_0(\tau) + A_3 H_{500}(\tau) + \\ + A_4 T_{850}(\tau) + A_5 U_{g, 500}(\tau) + A_6 V_{g, 500}(\tau) + b A_7 \bar{\omega}(\tau), \quad (1.1)$$

где  $\tau$  — дата прогноза;  $\tau-1$  — дата, предшествующая дате прогноза;  $J_{g, P}$ ,  $V_{g, P}$  — компоненты геострофического ветра на уровне  $P$  гПа;  $\bar{\omega}$  — долгота дня;  $T_P$  — температура на уровне  $P$  гПа;  $\{A_i : i = \overline{1, 7}\}$  — коэффициенты уравнения регрессии;  $b = 1$  для прогноза  $t_{\text{max}}$  в переходный период года (весна, осень),  $b = 0$  для всех остальных случаев. Коэффициенты  $\{A_i\}$  различны для разных станций и месяцев года. Для фиксированной станции и месяца  $\{A_i\}$  фиксированы при любой заблаговременности прогноза. При расчете  $\{A_i\}$  используются только синхронные связи, т. е. дата в дату. При подстановке оперативных значений предикторов, рассчитанных по прогностическим полям ЕЦСПП, для прогноза  $t_{\text{min}}$  используются поля на дату  $\tau-1$ , а для  $t_{\text{max}}$  — на дату  $\tau$ .

Сравнение проводилось с прогнозами  $t_{\text{экс}}$ , поступавшими в Дальне-восточное УГМС из Гидрометцентра России. Метод и технология прогноза подробно описаны в [23, 94] (автор метода П. П. Васильев). Для дальнейшего анализа рассмотрим этот метод подробнее.

Согласно приведенным публикациям, метод использует синхронные связи и опирается на концепцию MOS в случае поступления прогнозов из ЕЦСПП. При отсутствии последних используются прогнозы юлусферной спектральной модели Гидрометцентра России [18, 35] в концепции РР. Расчетные уравнения имеют переменный набор предикторов, выбираемый из списка потенциальных предикторов пошаговым регрессионным методом сокращения Дулитла [80, 109]. Собственно расчету в схеме подлежит аномалия температуры воздуха у поверхности Земли. Обозначим ее  $\delta t_{\text{экс}}$ . В качестве потенциальных предикторов выбраны следующие величины:  $\delta t_{p \text{ исх}}$  — аномалия температуры воздуха у поверхности Земли для предшествующих суток в точке (районе) прогноза: для минимальной температуры — предшествующей ночи, для максимальной — предыдущего дня; при восстановлении прогностических значений  $t_{\text{экс}}$  на первые сутки используется фактическая температура, на все последующие — спрогнозированная на предыдущие сутки;  $H_{500}$ ,  $T_{850}$ ,  $OT_{1000}^{500}$  — геопотенциал поверхности 500 гПа, температура на поверхности 850 гПа и относительный геопотенциал в районе точки прогноза;  $\bar{\omega}$  — долгота дня в районе прогноза (далее р. п.);  $\Delta P_0$ ,  $\Delta H_{500}$ ,  $\Delta T_{850}$  — лапласианы соответствующих полей в р. п.;  $dP_0/dt$ ,  $(\Delta P_0)/dt$ ,  $d(\Delta H_{500})/dt$ ,  $d(\Delta T_{850})/dt$  — тенденции соответствующих

величин в р. п.;  $dP_0/d\lambda$ ,  $dP_0/d\phi$ ,  $dH_{500}/d\lambda$ ,  $dH_{500}/d\phi$  — пространственные градиенты полей приземного давления и геопотенциал

500 гПа;  $\sqrt{\left(\frac{dP_0}{d\phi}\right)^2 + \left(\frac{dP_0}{d\lambda}\right)^2}$  — безразмерная скорость геострофиче

ского ветра у поверхности Земли;  $(H, T) = \frac{dH}{d\lambda} \frac{dT}{d\phi} + \frac{dH}{d\phi} \frac{dT}{d\lambda}$  — адвекция

температуры на уровне 850 гПа;  $\varepsilon_\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{dH_{500}}{d\phi} d\lambda$ ,  $\varepsilon_\phi = \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{dH_{500}}{d\lambda} d\phi$  —

интенсивности зонального и меридионального потоков для средней тропосферы ( $\lambda_{1,2}$ ,  $\phi_{1,2}$  — границы равновеликих квадратов с центром в точке прогноза [23]);  $d\varepsilon_\lambda/dt$ ,  $d\varepsilon_\phi/dt$ ,  $dT/dZ_{850}$  — величина, характеризующая вертикальный градиент температуры в нижней тропосфере. Таким образом, в схеме Гидрометцентра России используется 23 потенциальных предиктора, с помощью которых полагалось возможно было полно описать физику прогнозируемого процесса.

Назовем рабочей выборку, по которой рассчитываются коэффициенты в уравнениях регрессии. Для построения рабочих выборок в схеме применяется специальная диаграмма дат, анализ которой показывает, что при прогнозе  $t_{\text{экс}}$  зимой используются временные интервалы (середины ноября до середины апреля, летом — от начала апреля до конца сентября, весной и осенью — смешанные выборки: (сентябрь-декабрь) + (март-май). На основе этих временных интервалов формируются рабочие выборки по степени аналогичности по отношению к текущему макропроцессу, предсказанному по ГДМА. Прогностическое соотношение в этом случае можно схематично записать следующим образом:

$$t_{\text{экс}}(\tau) = (\delta t_{\text{экс}})_{\text{пр}} + t_{\text{кл}}, \quad (1.)$$

$$(\delta t_{\text{экс}})_{\text{пр}} = A_0 + b_1 A_1 \delta t_{\text{экс}}(\tau-1) + \sum_{i=2}^N b_i A_i \phi_i(\tau), \quad (1.)$$

где  $(\delta t)_{\text{пр}}$  — прогностическое значение  $\delta t$ ;  $t_{\text{кл}}$  — среднее многолетнее значение  $t_{\text{экс}}$  (климат);  $\phi_i(\tau)$  — все перечисленные выше предикторы с исключением  $\delta t_{\text{исх}}$ ;  $b_i = 1$ , если  $i$ -й предиктор выбирался;  $b_i = 0$ , если  $i$ -й предиктор не выбирался.

Необходимо отметить, что (1.3) — лишь иллюстративная запись расчетных уравнений рассматриваемой модели. Согласно схеме прогноза [23], в (1.3) как значения коэффициентов  $\{A_i\}$ , так и набор пе

дикторов  $\{\phi_i(\tau), \delta t_{\text{экс}}(\tau-1)\}$  различны для разных пунктов прогноза, сезонов года, текущих прогностических макропроцессов и заблаговременностей прогнозов.

Таким образом, различия сравниваемых методов заключались в следующем:

- 1) в концепции построения расчетных уравнений;
- 2) во временных интервалах исходных выборок и способе построения рабочих выборок;
- 3) в способе отбора предикторов для построения прогностических ависимостей;
- 4) в наборе предикторов в расчетных уравнениях;
- 5) собственно в предиктанте, что немаловажно как с точки зрения построения статистических моделей вообще (т. е. ответа на вопрос, какой элемент или какое явление моделируется), так и с точки зрения качества прогноза по той или иной схеме для рассматриваемой территории (т. е. ответа на вопрос, какие числовые характеристики рассматриваемого элемента или явления погоды лучше описываются данной информационной базой);
- 6) в степени технологической сложности реализации методов на ЭВМ и трудоемкости их обслуживания в оперативной практике.

Прогнозы сравнивались по оправдываемости  $P(\%)$  и средней абсолютной погрешности  $\epsilon$  согласно [64]. Для сравнения выбирались только те станции, которые фигурировали как в списке станций [53], так и в елеграммах Гидрометцентра России. Среднесезонная оправдываемость прогнозов по испытываемой методике [53] оказалась выше, чем о сравниваемой [23, 25]. Значения средней абсолютной погрешности равны между собой.

В приложении 1 приведены таблицы оправдываемости прогнозов по обоим методам и оправдываемость инерционного прогноза. Следует отметить, что средняя сезонная оправдываемость испытываемого метода обладает определенной регулярностью и значительно реже опускается ниже 70 %-ного уровня для всех сезонов года и рассматриваемых станций, в то время как оправдываемость прогнозов Гидрометцентра России имеет более нерегулярный характер, сильно колеблется от станции к станции и в зависимости от сезона (месяца) года, чаще опускается ниже 70 %-ного уровня, а иногда оказывается и ниже инерционного прогноза (например, для  $t_{\text{тах}}$  в Благовещенске зимой при заблаговременности 48—72 ч). Низкая оправдываемость прогнозов Гидрометцентра России для станций Амурской области и юга Хабаровского края отмечалась и синоптиками гидрометцентра Дальневосточного ТМС в процессе оперативных испытаний.

Еще одним существенным фактором, свидетельствующим в пользу концепции „идеального” прогноза для схем РЭП в Дальневосточном регионе, явились результаты проведенных автором исследований, которые показали реальную возможность повышения качества прогноза  $t_{\text{экс}}$  при расширении списка предикторов и делении выборки на классы непересекающихся событий. Для примера в приложении 2 представлены данные об увеличении обеспеченности прогнозов  $t_{\text{мин}}$  для холодного периода года, рассчитанных по моделям различного уровня сложности. Этот пример был выбран потому, что именно прогнозы  $t_{\text{мин}}$  в холодный период года имеют самую низкую оправдываемость как в схемах Гидрометцентра России для Дальневосточного региона, так и по методике, представленной в [53] для станций Амурской области и Хабаровского края.

Анализ качества прогнозов  $t_{\text{экс}}$  по двум упомянутым выше методам, сравнение прогностических значений, анализ неоправдавшихся прогнозов и установление их связи с характерными особенностями методики, по которой они рассчитывались, неизбежно привели к формулировке следующих основных принципов построения численных схем РЭП для Дальнего Востока России, основанных на прогностической продукции ГДМА.

1. Подсистема должна опираться в основном на концепцию идеального прогноза, удовлетворяя при этом единственно необходимому принципу концепции MOS — построению своих уравнений для каждого заблаговременности прогноза. Это дает возможность в перспективе перейти на концепцию MOS, если такой переход будет необходим и технически реализуем.

2. В модель следует включить достаточно широкий список потенциальных предикторов с целью извлечения максимума информации из имеющейся базы данных.

3. Алгоритм отбора предикторов для построения прогностических зависимостей должен опираться на решение задачи минимизации числа ошибочных прогнозов и быть при этом достаточно простым в реализации, учитывая современное состояние вычислительной техники, имеющейся в территориальных УГМС. Таким образом, расчет прогноза должен укладываться в оперативные сроки, а требуемый объем оперативной памяти — соответствовать возможностям ПЭВМ, имеющихся в УГМС.

4. В модели следует использовать подход с делением выборки на классы событий, опираясь на принципы, сформулированные в [32, 76]

5. Технологическая линия прогноза должна быть унифицирована, легко реализуема и переместима на ЭВМ любого типа.

## **2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЭЛЕМЕНТОВ ПОГОДЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

### **2.1. Временные границы исходной выборки**

Выбор временных границ исходного ряда наблюдений опирался на опыт прогнозирования  $t_{\text{экс}}$  по двум сравниваемым в первой главе методам, а также на результаты исследований, проведенных в [42, 99, 100]. Теоретические оценки показывают, что выборка длиной в 30 дней на десятилетнем архиве (всего 300 случаев) достаточна для устойчивости выборочных оценок статистических параметров модели. Однако опыт испытаний модели (1.1), описанной в [53], выявил неустойчивость в расчетах прогнозов  $t_{\text{экс}}$  при переходе даты прогноза через начало месяца, что выражается в скачкообразном характере изменений предиктанта, не связанном с соответствующими изменениями значений предикторов. Это, очевидно, вызвано изменением значений коэффициентов  $4_i$  в уравнении регрессии (1.1) при переходе от выборки за текущий месяц к выборке за последующий месяц.

В модели Росгидрометцентра (1.3) временные границы исходной выборки, согласно [23], плавно перемещаются вслед за датой прогноза. Однако ее широкий сезонный диапазон обусловлен малой длиной архива (5 лет), что в совокупности с дальнейшим отбором аналогов к текущему макропроцессу неизбежно требует расширения временных границ исходной выборки настолько, насколько это допускает физика прогнозируемого процесса. В этой связи важно отметить, что в (1.3) предиктантом является аномалия ( $\delta t_{\text{экс}}$ ), а не собственно значение прогнозируемой величины. Именно это обстоятельство делает возможным использование столь широких диапазонов дат для построения разрывной выборки.

В то же время следует учитывать физико-географические особенности атмосферных процессов на Дальнем Востоке [4, 5, 39, 42], где вариации влагосодержания воздушных масс (ВМ) во времени весьма ве-

лики, а влияние этих вариаций на формирование величины  $t_{\text{экс}}$  и, особенно, осадков весьма существенно [48, 50, 88, 91, 99], в результате чего использование сезонных выборок может привести к нежелательным последствиям при любом подходе к определению предиктанта.

Вышеизложенные обстоятельства обусловили выбор временных границ исходной выборки, которые полагаются едиными при прогнозе всех элементов погоды: отклонения  $\pm 15$  дней от даты прогноза, что вместе с датой прогноза определяет выборку в 31 календарный день или ряд в 310 случаев на 10-летнем архиве.

## 2.2. Принципы формирования списка потенциальных предикторов

При формировании списка потенциальных предикторов учитывалась перспектива прогноза всех элементов локальной погоды в рамках единой технологической линии. Выбор потенциальных предикторов опирался на современные физические представления о факторах, влияющих на формирование приземной погоды, накопленный метеорологической наукой опыт прогнозирования тех или иных элементов погоды статистическими методами и результаты собственных исследований, частично представленные в [26, 32, 33]. При этом допускалось использование как синхронных, так и асинхронных связей предикторов и предиктантов.

Одним из важнейших принципов формирования списка потенциальных предикторов, принятых в данной работе, является *принцип разделения понятий физического влияющего фактора и его количественного описания*.

Физическими влияющими факторами здесь и далее будем называть архивируемые метеоэлементы и их линейные или нелинейные комбинации, имеющие вполне определенный физический смысл. Под количественным описанием данного физического влияющего фактора будем понимать его конкретные числовые значения. Такое разделение явилось следствием анализа информативности различных числовых представлений одного и того же физического влияющего фактора. Поясним это на простом примере. Допустим, мы хотим включить в модель влияние тенденции приземного давления  $\partial P_0 / \partial t$  на прогнозируемую величину. Возможны различные варианты аппроксимации величины  $\partial x / \partial t$  на момент времени  $t$  по имеющимся архивным данным:



$$\left. \frac{\partial x}{\partial t} \right|_{\tau} = \begin{cases} x(\tau+1) - x(\tau), \\ x(\tau) - x(\tau-1), \\ \frac{x(\tau+1) - x(\tau-1)}{2}, \\ \frac{x(\tau+1) - 2x(\tau) + x(\tau-1)}{2} \end{cases} \quad (2.1)$$

Варианты разностной аппроксимации производных широко известны в теории численного интегрирования дифференциальных уравнений [55, 79] и др.). Достоинства и недостатки каждого из них детально изучены с точки зрения их применения в гидродинамических моделях прогноза метеорологических полей. Однако для статистических моделей это, вообще говоря, различные предикторы, хотя и имеющие достаточно высокую корреляционную связь друг с другом, и для прогноза различных элементов погоды „лучшими” могут оказаться разные представления данного физического влияющего фактора. Более того, проведенный анализ показал, что последнее утверждение справедливо и при прогнозировании одного и того же элемента погоды для разных станций, а на фиксированной станции для разных типов текущих процессов. Те же особенности поведения коэффициентов корреляции были обнаружены и при анализе статистических связей предиктантов с предикторами, считываемыми непосредственно из архива. Так, например, инерционный фактор во всех моделях описывается значением предиктанта в предшествующий момент времени. Для прогноза экстремальной температуры это величина  $t_{\text{экс}}(\tau-1)$ . Авторские исследования показали, что для станций Дальневосточного региона фактор инерции в де случаев лучше описывать осредненными характеристиками, такими как

$$\begin{aligned} t1_{\text{исх}} &= t_{\text{экс}}(\tau-1) + t_{\text{экс}}(\tau-2), \\ t2_{\text{исх}} &= t_{\text{мин}}(\tau-1) + t_{\text{макс}}(\tau-1), \\ t3_{\text{исх}} &= t1_{\text{исх}} + t2_{\text{исх}}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

При исследовании совокупного влияния значений геопотенциала 100 и приземного давления  $P_0$  в пункте прогноза оказалось, что в разных пунктах следует выбирать различные комбинации этих характеристик. Так, в Хабаровске лучшим является сочетание  $\{P_0(\tau), H_{500}(\tau)\}$ , в Тынде  $\{P_0(\tau), H_{500}(\tau-1)\}$ , а для Советской Гавани

$\{P_0(\tau+1), H_{500}(\tau)\}$ . Физический влияющий фактор может быть описан и нелинейными комбинациями архивных параметров, таких, например, как адвекция температуры в нижнем и верхнем слоях атмосферы: сл. {поверхность Земли — поверхность 850 гПа} и слой {850—500 гПа} относительная топография  $OT_{1000}^{500}$ , рассчитываемая по формуле

$$OT_{1000}^{500} = \ln 2 \frac{H_{500}}{\ln(P_0/500)}, \quad (2.1)$$

и другие.

Очевидно, вариации количественного описания нелинейных комбинаций весьма многообразны. Конечно, существуют стандартные подходы для выбора наиболее информативных предикторов из заданной совокупности. Однако если учесть необходимость иметь в модели возможно более широкий спектр физических влияющих факторов, то представление каждого из них несколькими вариациями количественного описания в совокупности со стандартным способом отбора предикторов для построения прогностических зависимостей ставит под сомнение саму возможность реализации такой схемы. Это обстоятельство привело к формулировке *второго основополагающего принципа* построения списка потенциальных предикторов — *принципа объединения различных вариантов количественного описания каждого физического влияющего фактора в серии компонентов*, имеющих априорную корреляционную связь друг с другом. Тогда для заданной станции, элемента погоды и даты (заблаговременности) прогноза в каждой серии выбирается один потенциальный предиктор, имеющий максимальный коэффициент корреляции с предиктантом на данном классе событий. Этим предиктором и будет описываться данный физический влияющий фактор в процессе построения расчетного уравнения.

*Третий принцип — включение серий нелинейных компонентов* список потенциальных предикторов — базировался на анализе постановки задачи расчета отдельных элементов локальной погоды по известным значениям любых других характеристик погоды или состояния атмосферы в текущий момент времени, т. е. задачи диагноза.

Для пояснения смысла этого и следующего (четвертого) принципа рассмотрим кратко математические и физические аспекты постановки и решения задачи построения прогностических схем статистическими методами. Традиционно различают два подхода, обусловленные имеющейся у исследователя информацией:

1) построение уравнения регрессии (как правило, линейной), основанное на асинхронных связях:

$$x(\tau) = A_0 + \sum_{i=1}^N A_i \phi_i(t_k), \quad (2.4)$$

где  $\tau \in [\tau_1, \tau_2]$ ;  $t_k \leq t_0 \leq \tau_1$ ;  $t_0$  — срок расчета прогноза;  $(\tau_1 - t_0)$  — заблаговременность прогноза; в качестве  $\phi_i$  могут фигурировать значения предиктанта в моменты времени  $t_k \leq t_0$ ;

2) расчет синхронных соотношений

$$x(\tau) = f[\phi_i(\tau_k)], \quad (2.5)$$

или в линейном приближении

$$x(\tau) = A_0 + \sum_{i=1}^N A_i \phi_i(t_k), \quad (2.6)$$

где  $\tau_k \in [\tau_1, \tau_2]$ ;  $\tau \in [\tau_1, \tau_2]$  здесь уже значения предиктанта в качестве  $\phi_i$  в правой части уравнения фигурировать не могут.

В первом случае решается задача прогноза значения какого-либо элемента (явления) на заданный интервал или момент времени с заданной заблаговременностью, т. е. задача экстраполяции значения некоторой функции на шаг вперед по времени, равный заблаговременности прогноза, при условии, что форма зависимости этой функции от времени неизвестна. Таким образом, предпринимается попытка описать направление и скорость развития исследуемого процесса, выраженного в изменении значения прогнозируемого элемента, на основании данных о развитии этого процесса до момента времени  $t_0$ , выраженных в значениях, известных по результатам наблюдений характеристик.

Простейшим примером решения такой задачи может служить инерционный прогноз. Математически эта задача формулируется так: определить значение  $x$  в момент времени  $t_0$ ,  $t_0 \in [\tau_k, \tau_1]$ , как функцию от его значений и значений других параметров в моменты времени  $k < t_0$ . В линейном представлении получим соотношение (2.4), в котором  $\tau$  — независимая переменная, а  $\phi_i$  — параметры модели. В качестве параметров модели в такой постановке задачи выбираются именно "предикторы" (предсказатели), т. е. те характеристики предшествующего сроку прогноза атмосферного процесса, в которых заложена информация о его дальнейшем развитии (информативные предикторы). С этой точки зрения определяются как подход к выбору параметров —

предсказателей (т. е. способ обработки архивной информации), так требования к прогностическим свойствам искомой модели. Такой подход широко используется в статистических прогнозах различной заблаговременности (см., например, [48, 51, 64, 66, 68, 69, 83, 86] и др.).

Во второй постановке решается задача диагноза, или задача поиска формы функциональной зависимости значения заданного элемента (явления) от известных значений других элементов (явлений). Эта задача формулируется так: найти функцию  $f(\phi_i)$ , наиболее точно приближающую значения  $x(t)$  для любого  $t$ . Здесь  $\phi_i$  — независимые переменные,  $x$  — зависимая переменная,  $t$  — параметр модели. В этом контексте уместно подчеркнуть, что в такой постановке задачи компоненты  $\phi_i$  по сути своей не являются предсказателями и термин „предикторы“ здесь употребляется лишь по традиции, сложившейся в практике применения статистических методов в гидрометеорологии. В задачах диагноза в качестве независимых переменных  $\{\phi_i\}$  используются любые известные из каких-либо источников и априори связанные с прогнозируемой величиной характеристики атмосферных процессов, а на параметр налагается условие информативности. Известно, что в среднем корреляционные связи локальных метеорологических характеристик, взятых в различные моменты времени, достаточно быстро убывают с увеличением временного интервала [38, 75, 108]. Поэтому при решении задачи в диагностической постановке в гидрометеорологии принято использовать значения независимых переменных  $\phi_i$  в момент времени  $t$ , ближайший к интервалу  $[t_1, t_2]$ , или при  $t = t$ . В такой постановке решаются, например, задачи краткосрочного и сверхкраткосрочного прогнозов физико-статистическим способом [48, 50, 78], где в качестве известных значений независимых переменных используются фактические данные на ближайший к интервалу прогноза срок наблюдения (статистическая интерпретация инерционного прогноза). При построении объективных схем прогноза элементов и явлений погоды на средние сроки в такой постановке задачи оперативные значения  $\{\phi_i\}$  берутся или рассчитываются из прогностической продукции ГДМА.

В диагностических схемах РЭП, основанных на объективной интерпретации гидродинамического прогноза (именно к этому классу моделей относится схема П. П. Васильева [23, 25] и ряд других [8, 85, 106]) наличие связи между искомыми значениями элементов погоды и независимыми переменными  $\phi_i$ , прогнозируемыми по ГДМА, считается априори существующим. Это необходимо следует из самой возможности численного моделирования атмосферных процессов с помощью уравнений гидротермодинамики. Отсюда же следует и другой немаловажный факт, а именно, что эта связь имеет существенно нелинейный характер.

гер. Поэтому для построения моделей с хорошими прогностическими свойствами посредством простого линейного статистического аппарата совокупность независимых переменных  $\{\phi_i\}$  следует включить всевозможные нелинейные комбинации физических влияющих факторов, основанные на анализе различных вариантов конечно-разностной аппроксимации уравнений гидродинамики, статики и притока тепла. Эти нелинейные комбинации, вообще говоря, не обязаны иметь определенный физический смысл и используются лишь для получения возможности более точного описания существенно нелинейной функции  $f(\phi_i)$  с помощью линейной статистики. Решение поставленной задачи в таком случае сведется к выбору из множества  $\{\phi_i\}$  совокупности  $\{\phi_k\}$ , на которой можно построить уравнение типа (2.6), наиболее точно приближающее значение  $x(t)$  для любого  $t$ , т. е. к определению совокупности независимых функций, в которых решение имеет квазилинейный характер. Такой подход широко применялся в конце 70-х — начале 80-х годов при построении синоптико-гидродинамико-статистических методов среднесрочных прогнозов погоды с использованием разложения барических полей по какой-либо системе ортогональных функций (полиномам Чебышева, естественным ортогональным составляющим и т. д., м., например, [84, 85]).

Таким образом, *третий принцип формирования списка потенциальных предикторов заключается во включении возможно более широкого спектра нелинейных комбинаций физических влияющих факторов в различных представлениях*. Будем называть их далее нелинейными компонентами.

Анализ возможных вариантов представления физических влияющих факторов и нелинейных компонентов показывает, что в них фигурируют значения исходных метеорологических величин в различные моменты времени, что подразумевает возможность получения как синхронных, так и асинхронных связей между зависимой переменной — предиктантом и независимыми переменными — предикторами. При этом использование прогностической продукции ГДМА позволяет получать значения предикторов с шагом вперед, например в момент времени  $t + 1$ . Однако известно, что качество гидродинамического прогноза бывает с увеличением заблаговременности, и это неизбежно повлечет за собой потери в успешности прогноза элементов погоды в концепции Р. Поэтому использование прогностических полей, рассчитанных по ГДМА с возможно меньшей заблаговременностью, для расчета значений элементов погоды с возможно большей заблаговременностью, очевидно, должно привести к положительному эффекту в схемах РЭП, построенных на концепции РР. Отсюда следует *четвертый принцип*

формирования списка потенциальных предикторов, основанный на комбинированной постановке задачи диагноз — прогноз. Он заключается в расчете всех базисных функций  $\{\phi_i\}$  в различные моменты времени  $t_k \leq \tau$ .

При решении вопроса о включении каждого из значений  $\phi_i(t_k)$  список потенциальных предикторов проводится предварительный анализ информативности предиктора по параметру  $t_k$ . Здесь термин „информативность” понимается в прогностическом смысле, т. е. условия налагаются на коэффициент корреляции  $\phi_i(t_k)$  с предиктантом  $x(\tau)$ , а не с собственными значениями  $\phi_i$  в момент времени  $\tau$ , как это принято традиционных подходах к задаче диагноза. Минимальный уровень информативности определяется из требований решения задачи в диагностической постановке, т. е. включаемый в список предиктор должен иметь потенциальную возможность быть выбранным хотя бы для одного из предиктантов на одной из станций в один из месяцев года на одном из классов событий.

При определении минимального уровня информативности использовался показатель

$$F_k = \frac{R_k^2 - R_{k-1}^2}{1 - R_k^2} (N - k - 1), \quad (2.7)$$

где  $N$  — объем выборки, по которой оценивается уровень корреляции всех предикторов с предиктантом;  $k$  — число выбранных предикторов;  $R_{k-1}$ ,  $R_k$  — множественные коэффициенты корреляции функции  $f(\phi)$  с предиктантом при учете  $(k-1)$ -го и  $k$ -го предикторов соответственно [89]. Тогда, полагая, что каждый предиктор должен быть хотя бы последним, задавая значение  $F_k$  и минимальным уровнем множественной корреляции на  $k$ -м шаге, можно получить нижний предел уровня информативности, ограничивая длину выборки заданным числом степеней свободы  $N - k - 1$ .

Сформированный на основании перечисленных принципов общий список потенциальных предикторов приведен в приложении 3. Он содержит 155 компонентов, сгруппированных в 31 серию по принципу числового описания данного физического влияющего фактора или линейного компонента для различных моментов времени.

Резюмируем кратко вышеизложенное. Исследования, проведенные в [32], привели к стремлению иметь возможно более полный набор физических влияющих факторов. Диагностическая постановка задачи по

требовала включения достаточно широкого спектра нелинейных комбинаций физических влияющих факторов. Решение вопроса о конкретном числовом представлении каждого из этих факторов породило разделение понятий физического влияющего фактора и его числового описания. Потребность в различных вариантах количественного описания каждого физического влияющего фактора в совокупности со стандартным способом статистической обработки информации привела к необходимости слишком большого объема вычислений. Отсюда возникла идея объединения различных вариантов количественного описания физических предикторов и нелинейных компонентов в серии характеристик, имеющих априорно между собой высокую корреляционную связь. И, наконец, понижение информативной ценности прогностической продукции ГДМА с увеличением заблаговременности в совокупности с концепцией идеального прогноза привело к комплексной постановке задачи диагноз — прогноз. Это, в свою очередь, определило расчет значений всех независимых переменных в различные моменты времени, предшествующие дате прогноза. Последнее обстоятельство потребовало предварительной проверки информативности связей включаемых в список предикторов с предиктантом, чтобы избежать лишних вычислений при работе программы в оперативном режиме.

И последнее, что важно отметить: первый и четвертый принципы являются результатами исследований, как собственных, так и известных по публикациям, в то время как второй и третий принципы — постулаты, принятые в работе для построения наиболее экономичного и эффективного алгоритма.

### **2.3. Список потенциальных предикторов**

В список потенциальных предикторов включено 155 независимых переменных, объединенных в 31 серию, и 22 характеристики зависимых переменных, описывающих три элемента погоды — температуру, зетер и осадки. Все зависимые переменные (предиктанты) объединены в одну серию, которая должна быть всегда последней в списке (в данном случае это 32-я серия), тогда как число серий независимых переменных можно изменять (увеличивать или уменьшать) и серии можно менять местами (изменять порядковый номер серии). Очевидно, изменение числа серий, а также иная компоновка независимых переменных в серии (другой подход к формированию серий) изменят физическое содержание формируемых моделей, а иное объединение и набор нелинейных характеристик изменят линеаризационные возможности алго-

ритма. Изменение же номеров серий (перестановка) никак не повлияет на конечный результат. Серия характеристик предиктантов помещается в конец списка для простоты программной реализации алгоритма: так что вышеприведенное категоричное условие продиктовано конкретной программной реализацией схемы прогноза.

Все компоненты списка можно разделить на три разновидности.

1. Основные компоненты — значения архивируемых метеозаписей, являющиеся в основном данными измерений, за исключением характеристик осадков, которые рассчитываются на основании данных наблюдений.

К основным компонентам относятся: значения минимальной и максимальной температуры ( $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$ ); скорость приземного ветра ( $M_0$ ), полусуточные суммы осадков на станции ( $QN_{\text{ст}}$ ,  $QD_{\text{ст}}$ ) и средние по территории ( $QNT$ ,  $QDT$ ); экстремальные характеристики осадков; значения приземного давления ( $P_0$ ); температура воздуха на поверхности 850 гПа ( $T_{850}$ ); высота поверхности 500 гПа, выраженная в геопотенциальных метрах ( $H_{500}$ ).

Из основных компонентов формируются средние и разности по времени.

Средние значения компонентов включаются для установления возможно более высоких и устойчивых корреляционных связей с предиктантом, чем у архивируемого значения данного элемента (измеренного на определенный срок текущей даты). Осредненные по времени характеристики объединены в одну серию с основным компонентом, при этом все компоненты серии (как основные, так и средние) представлены в различные моменты времени. Сдвиг по времени относительно текущей даты  $\tau$  ограничивается уровнем информативности и в целом по списку составляет интервал  $[\tau - 3, \tau + 1]$ .

Разности по времени рассчитываются для установления зависимости между тенденциями прогнозируемых характеристик погоды и тенденциями предикторов. Характеристики тенденций каждого из основных компонентов выделяются в отдельную серию, где они представлены для различных моментов времени (текущая, исходная и предшествующая тенденции).

2. Расчетные компоненты — характеристики рассматриваемого процесса формирования элементов погоды, рассчитанные по основным компонентам.

К расчетным компонентам относятся: среднесуточная температура воздуха у земли ( $TS$ ); зональная и меридиональная составляющие скорости приземного ветра  $U_0$ ,  $V_0$  и независимый компонент  $U_{02}$ ; суточные суммы осадков на станции ( $QS_{\text{ст}}$ ) и по территории окружения ра



диусом 150 км ( $QST$ ); значения относительного геопотенциала  $OT_{1000}^{500}$ ; вертикальный градиент температуры в нижнем слое {земля — поверхность 850 гПа} ( $I, I_1, I_2$ ); скорость и компоненты скорости геострофического ветра на поверхности 500 гПа ( $M_{500}, U_{500}, V_{500}, U_{52}$ ). Серии для значений, средних и тенденций расчетных компонентов формируются так же, как и в случае основных компонентов.

3. Нелинейные компоненты — парные произведения основных и расчетных компонентов и их тенденций. Объединены в серии по принципу описания нелинейных взаимодействий между компонентами различных серий или групп серий.

Последняя серия — предиктант — объединяет все используемые числовые представления прогнозируемых элементов погоды, которые могут быть описаны как основными, так и расчетными компонентами. Нелинейные компоненты в качестве предиктантов не используются.

Характеристики средних и суммарных по территории значений количества осадков рассчитывались по данным измерений на станциях, расположенных на расстоянии не более чем 150 км от пункта прогноза.

В приложении 3 приводится полный список потенциальных предикторов и предиктантов, формирование серий и нумерация векторов в программе прогноза.

## **2.4. Деление исходной выборки на классы статистически однородных событий**

При делении исходной выборки на классы статистически однородных событий использовались принципы, предложенные в [76] и апробированные в [32]. Суть этих принципов заключается в следующем. Моделирование какого-либо процесса в атмосфере (или в природе вообще) предполагает задачу такого выбора конструкции модели и метода ее реализации, чтобы модель адекватно описывала рассматриваемый процесс. Решение поставленной задачи зависит от условий, в которых находится исследователь: имеющейся информационной базы, вычислительных ресурсов и т. д. Для эффективного моделирования, кроме исходных данных, с помощью которых предполагается описывать исследуемый процесс, необходимо определить цель построения модели. Именно цель построения диктует конструкцию модели, выбор метода ее реализации и определяет последующий вычислительный процесс, а следовательно, и результат моделирования.

При построении модели для прогноза элементов или явлений погоды цель определяется прогнозируемым элементом или явлением и теми

требованиями, которые предъявляются к прогнозу. В соответствии с этим для описания прогнозируемого процесса в модели могут использоваться непрерывные, кусочно-непрерывные или альтернативные функции. Наличие или отсутствие явлений погоды описывается, как правило, с помощью альтернативных функций. В этом случае обычно минимизируют функционал ошибок предсказания. При построении моделей прогноза количественных характеристик элементов погоды, таких как значения суточных экстремумов температуры, скорости приземного ветра или количества осадков, используются в основном непрерывные или кусочно-непрерывные аппроксимации, которые строятся путем минимизации суммы квадратов отклонений расчетных значений предиктанта от фактических. Однако если задаться целью достижения максимума оправдываемости, то для построения модели прогноза следует искать минимум функционала, равного проценту ошибок прогноза превышающих некоторое пороговое число  $\delta$ . Для этого необходимо ввести классификацию архивных ситуаций, связанную с аппроксимацией прогнозируемого элемента непрерывной функцией.

Обозначим через  $\{x_j\}$ ,  $j = 1, N$ , совокупность значений предиктанта: каждого  $j$ -го наблюдения, где  $N$  — длина исходной выборки, а через  $f(\phi_{ij})$  — соответствующие значения аппроксимирующей функции, построенной путем минимизации функционала

$$F = \sum_{j=1}^N [x_j - f(\phi_{ij})]^2, \quad (2.8)$$

где  $\{\phi_{ij}\}$  — совокупность значений предикторов  $j$ -го наблюдения;  $i = \overline{1, k}$  — число предикторов. Рассмотрим следующие два класса исходного множества  $y_j = \{x_j, \phi_{ij}\}$ :

$$B1 = \{y_j : |x_j - f(\phi_{ij})| \leq \delta\}, \quad B2 = \{y_j : |x_j - f(\phi_{ij})| > \delta\}, \quad (2.9)$$

где  $\delta$  — порог оправдываемости. Тогда если можно разделить множества  $B1, B2$  некоторой гиперплоскостью  $g(y_i) = c$  так, чтобы число ошибочных классификаций не превышало заданное значение  $P$ , то имеющееся  $N$ -мерное пространство наблюдений (архивных данных) будет разделено на две области:

$g(y_i) \leq c$  — область „хороших” прогнозов, в которую попадают все или большинство оправдавшихся прогнозов (класс  $B1$ );

$g(y_i) > c$  — область „плохих” прогнозов, в которую попадают все или большинство неоправдавшихся прогнозов (класс  $B2$ ).

Поскольку область „плохих” прогнозов определяется априори, то текущие прогнозы, попавшие в эту область, могут корректироваться, например, синоптическими методами или для этой области можно построить другую аппроксимирующую функцию.

Очевидно, в разряд „плохих” прогнозов (класс  $B2$ ) будут попадать ситуации двух типов. Это, во-первых, такие ситуации (типы текущих процессов), для которых процесс формирования прогнозируемой величины не описывается данной информационной базой. Будем называть их далее случаями с информационной недостаточностью. В представляемой модели, как и во всех других моделях, основанных на прогностической продукции ЕЦСПП, это, в первую очередь, ситуации, для которых значения прогнозируемого элемента погоды существенно зависят от вариаций влагосодержания ВМ.

Ко второму типу ситуаций следует отнести такие, которые плохо описываются именно функцией  $f(\phi_i)$ , построенной на исходной выборке. Будем называть их далее случаями с функциональными или статистическими особенностями поведения. Поясним это на простом примере. Рассмотрим уравнение регрессии модели (1.1). Нетрудно показать, что при значениях предикторов из 2—7-го слагаемых, близких к средневыборочным, модель будет показывать возвращение значения  $t_{\text{экс}}(\tau)$  к среднему по исходной выборке  $\bar{t}_{\text{экс}}$  со скоростью тем большей, чем больше было отклонение исходного значения прогнозируемой величины от его средневыборочного значения, т. е. чем больше величина  $t_{\text{экс}}(\tau-1) - \bar{t}_{\text{экс}}$ , что, вообще говоря, не наблюдается в природных процессах на рассматриваемой территории. Конечно, предикторы  $P_0, T_{500}, T_{850}$  должны сглаживать эту тенденцию. Однако анализ области „плохих” прогнозов функции (1.1) показывает, что ситуации, для которых исходное значение  $t_{\text{экс}}(\tau-1)$  имеет существенное отклонение от среднего, а фактические суточные тенденции  $t_{\text{экс}}$  показывают дальнейшее отклонение от среднего, составляют большую часть „плохих” прогнозов модели (В.1). Более точно это следует записать в виде

$$B2(1.1) \supset \left\{ y_{j1} : \begin{aligned} &|t_{\text{экс}}(\tau-1) - \bar{t}_{\text{экс}}| \geq E, \\ &|t_{\text{экс}}(\tau) - \bar{t}_{\text{экс}}| > |t_{\text{экс}}(\tau-1) - \bar{t}_{\text{экс}}|, \end{aligned} \right. \quad (2.10)$$

где  $E$  — величина вероятного отклонения случайной величины  $t_{\text{экс}}$  от его средневыборочного значения,  $j = 1, m1$ . Тогда, если класс  $B2$  состоит всего из  $m2$  ситуаций, то  $m1/m2 \geq 0,5$ . Анализ фактического поведения суточных тенденций  $\Delta t_{\text{экс}}$  в зависимости от значений  $t_{\text{экс}}(\tau)$  показывает, что абсолютные значения среднего этих приращений существ-

венно различны для разных интервалов размаха выборки  $t_{\text{экс}}$ . Он близки к среднему по общей (исходной) выборке для интервал  $\{\bar{t}_{\text{экс}} \pm E\}$  и существенно отличаются друг от друга, а также от  $\Delta t_{\text{экс}}$  для правого и левого краев выборки (рис. 1). И хотя знаки  $\Delta t_{\text{экс}}$  для интервалов  $[T1, T2]$ ,  $[T4, T5]$  действительно показывают в среднем возвращение к  $\bar{t}_{\text{экс}}$ , частота обратных отклонений (к  $T1$  и  $T5$  соответственно) достаточно велика. Таким образом, класс  $B2$  модели (1.1) состоит большей частью из случаев с функционально-статистическими особенностями поведения.

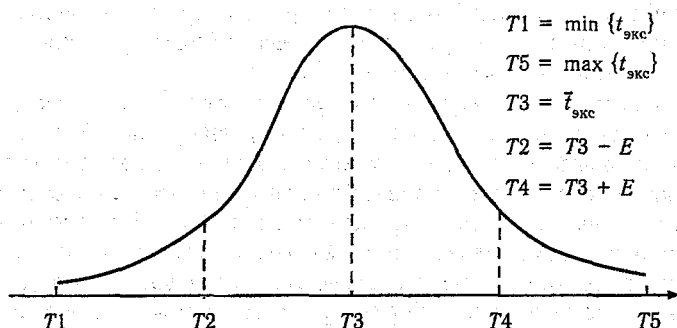


Рис. 1. Деление размаха выборки на интервалы.

Избавиться от ошибок, возникающих за счет функционально-статистических особенностей поведения „плохих” прогнозов, можно путем построения кусочно-непрерывных функций для тех областей  $N$ -мерного пространства  $\{\phi_{ij}\}$ , на которых статистические характеристики рабочих выборки  $\{y_k\} \subset \{y_i\}$ ,  $j = 1, N$ ,  $k = 1, N1$ ,  $N1 < N$ , имеют квазиоднородный характер. А именно, из исходной выборки следует построить рабочую подвыборку так, чтобы какое бы подмножество элементов этой последней ни выбиралось, колебания выборочных оценок статистических параметров, рассчитанных на этих подмножествах, носили бы случайный характер и не имели систематических отклонений от значений, рассчитанных по рабочей выборке. Построенные таким образом рабочие выборки будем называть статистически однородными.

Если исследователю удастся построить статистически однородные рабочие выборки, то, очевидно, класс „плохих” прогнозов  $B2$  будет состоять исключительно из ситуаций с информационной недостаточностью, а построенные таким путем модели будут давать максимум оправдываемости на имеющейся информационной базе данных. След

т заметить, что в концепции „идеального” прогноза статистически однородные выборки не являются чисто математическим построением, а несут в себе вполне определенный физический смысл, тогда как в концепции MOS статистическая однородность рабочей выборки будет описывать исключительно свойства конкретной гидродинамической модели.

Анализ статистически однородных выборок для прогноза элементов локальной погоды по территории Амурской области и Хабаровского края показывает, что таким образом мы получаем деление архивных ситуаций по типам воздушных масс (ВМ). В этой связи следует заметить, что рассматриваемая территория имеет большую протяженность в меридиональном и зональном направлениях и ограничена с востока береговой линией. Это определяет наличие прибрежных и внутриконтинентальных станций, а также станций северных и южных широт. Известно, что в районах восточного побережья Азии наблюдаются наиболее существенные изменения в положении оси планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ). Так, например, вблизи меридиана  $140^\circ$  в. д. колебания оси ПВФЗ составляют около  $15^\circ$  широты, тогда как второй по величине максимум смещения оси ПВФЗ в северном полушарии (восточные районы Северной Америки) не превышает  $10^\circ$  широты. Это обстоятельство является основной причиной резких колебаний в значениях элементов локальной погоды на рассматриваемой территории, а ситуации с резкими колебаниями составляют большей частью класс В2 „плохих” прогнозов при описании рассматриваемых процессов непрерывной функцией в представляемом алгоритме.

Итак, при прогнозировании элементов локальной погоды на территории Дальнего Востока России в исходную выборку попадают ситуации, относящиеся к внутримассовым условиям двух (а в переходные периоды года для южных широт, возможно, и трех) типов воздушных масс, и ситуации, относящиеся к смене типа ВМ. Известно [43, 88, 91, 100], что тип ВМ определяется, прежде всего, ее средней плотностью, которая является функцией температуры и влажности. Очевидно, в отсутствие информации о влагосодержании возможно лишь приближенное определение типа ВМ по ее термическим характеристикам.

В модели предлагается деление исходной выборки на три типа ВМ по приземной температуре для прогноза  $t_{\text{экс}}$  и по температуре на поверхности 850 гПа для прогноза осадков. При прогнозировании скорости и направления приземного ветра деление исходной выборки по типам ВМ не производится. Воздушные массы определяются как „холодные”, „умеренные” и „теплые” в зависимости от того, в какой интервал размаха выборки попадает значение той характеристики температуры,

по которой проводится идентификация типа ВМ. Обозначим эту характеристику буквой  $T$ . Тогда

$$\{\text{холодные ВМ}\} = \{T < T_2\},$$

$$\{\text{умеренные ВМ}\} = \{T_2 \leq T \leq T_4\}, \quad (2.1)$$

$$\{\text{теплые ВМ}\} = \{T > T_4\}.$$

Значения  $T_2, T_4$ , а также  $T_1, T_3, T_5$  будем называть контрольными точками выборки. Их конкретное числовое содержание для  $t_{\text{экс}}$  приведено на рис. 1. Более подробное определение величины вероятного отклонения  $E$ , а также нюансы определения типа ВМ для каждого элемента погоды будут описаны в соответствующих главах. Далее в тексте вместо терминов (2.11) будут иногда употребляться термины „края выборки” или „середина выборки”. Таким образом,

холодные ВМ = холодный край выборки = группа 1,

теплые ВМ = теплый край выборки = группа 2, (2.1)

умеренные ВМ = середина выборки = группа 3.

Такая терминология более точно выражает статистическое содержание используемого деления в отличие от терминологии (2.11), которая отражает его физическую сущность. Термин „группа 1 (2, 3)” правой части (2.12) обозначает соответствующий тип ВМ в программной реализации модели.

В разряд „плохих” прогнозов представляемой модели попадают преимущественно ситуации со сменой типа ВМ (но не все!), а также ситуации, относящиеся к теплым ВМ в холодный период года и к холодным ВМ в теплый период года. Со статистической точки зрения эти ситуации, относящиеся ко второй (не основной) моде процесса, т. е. тому типу ВМ, которые в текущий период  $\{t \pm 15 \text{ дней}\}$  встречаются относительно редко и присутствуют на данной территории (над данным пунктом прогноза) относительно недолго. Точнее, период полного колебания  $ВМ_1 - ВМ_2 - ВМ_1$  меньше, чем средняя длина естественного синоптического периода, т. е. меньше трех суток [7, 65]. Очевидно, имея данные наблюдений за один срок в сутки, невозможно адекватно описать волну длиной менее 4 сут. Представление же архивной информации одноразовыми наблюдениями в течение суток обусловлено поступающей прогностической информацией.

Что касается смены типа ВМ, то для холодного периода года модель хорошо описывает переходы из умеренных ВМ в холодные и обратно и плохо — переходы из умеренных ВМ в теплые и обратно. В теплый период года, наоборот: хорошо прогнозируются переходы из теплого края выборки в середину и обратно и плохо — переходы из середины выборки в холодный край. Это означает наличие информационной недостаточности модели (в основном по влагосодержанию) при описании переходов из неосновной моды в главную (основную) и обратно.

В табл. 1 представлена схема „хороших” (класс  $B1$ ) и „плохих” (класс  $B2$ ) прогнозов модели в зависимости от фактических изменений типа ВМ. Пустые клетки таблицы соответствуют ситуациям, которые никогда не наблюдаются в природе атмосферных процессов на рассматриваемой территории: переход из состояния, соответствующего левому краю выборки (интервал  $[T1, T2]$ ) в состояние, соответствующее правому краю выборки (интервал  $[T4, T5]$ ), за период 24 ч, согласно проведенным исследованиям, невозможен.

Таблица 1

**Классификация архивных ситуаций модели**

| п/п | Тип ВМ в исходный день $\tau - 1$ | Тип ВМ на дату прогноза $\tau$ |           |        |               |           |        |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|--------|---------------|-----------|--------|
|     |                                   | Холодный период                |           |        | Теплый период |           |        |
|     |                                   | Холодная                       | Умеренная | Теплая | Холодная      | Умеренная | Теплая |
| 1   | Холодная                          | $B1$                           | $B1$      |        | $B1$          | $B2$      |        |
| 2   | Умеренная                         | $B1$                           | $B1$      | $B2$   | $B2$          | $B1$      | $B1$   |
| 3   | Теплая                            |                                | $B2$      | $B2$   |               | $B1$      | $B1$   |

Представленная в табл. 1 классификация прогностических свойств модели учитывает не только недостаточность исходной архивной информации, но и ошибки, вносимые прогностической продукцией ЕЦСПП, используемой для расчета оперативных значений предикторов. Согласно результатам исследований, проведенных в процессе оперативных испытаний модели, гидродинамические прогнозы ЕЦСПП хорошо описывают перемещение ПВФЗ в южном и юго-восточном направлении, а те процессы, в которых наблюдалось фактическое перемещение ПВФЗ в северном и северо-западном направлении над территорией Дальневосточного региона для всех периодов года прогнозируются плохо.

Резюмируем кратко вышесказанное. Построение статистически однородных выборок для прогноза элементов локальной погоды на рассматриваемой территории привело к делению архивных ситуаций в классы событий, относящихся к различным типам воздушных масс. Анализ области „плохих” прогнозов для непрерывной аппроксимирующей функции на исходной выборке показал, что она состоит из ситуаций с резкими колебаниями значений элементов погоды (резких изменений температуры, резкого усиления ветра, сильных и очень сильных осадков), связанными со сменой типа ВМ, а также из внутримассовых явлений неосновной моды, периоды реализации (полного колебания которых существенно меньше средней длины естественного синоптического периода.

Построение кусочно-непрерывных аппроксимирующих функции для различного типа воздушных масс приводит к повышению качества прогноза. Однако остается ряд ситуаций, для которых оценки успешности по архивным выборкам хоть и выше, чем для исходной непрерывной функции, но остаются все еще неудовлетворительными, что обусловлено информационной недостаточностью (большой долей вклада отсутствующей информации о влагосодержании ВМ в дисперсию предиктанта). Кроме того, существуют ситуации, в которых ошибки прогнозов метеорологических полей по ГДМА ЕЦСПП оказывают существенное влияние на качество прогнозов.

Все эти неудовлетворительные прогнозы сведены в класс *B2* представляемой модели, который легко определяется по типу ВМ даты исходного дня  $t-1$  и даты прогноза  $t$  в соответствии с табл. 1. В процессе оперативного прогнозирования тип ВМ даты  $t-1$  для прогноза на первые сутки определяется по фактическим данным, для остальных дат (всех дат прогноза  $t$ ) — по прогностическим данным. Если прогнозируется ситуация из класса *B1*, то прогнозу можно доверять. Если же прогнозируется ситуация класса *B2*, то прогнозы следует подвергать корректировке, например, синоптическим способом.

## 2.5. Алгоритм построения расчетных уравнений

Алгоритм построения расчетных уравнений основан на решении задачи диагноза в линейном приближении (2.6) на текущем классе событий.

Согласно определению, данному в п. 2.4, классы статистически однородных событий, вообще говоря, различны для разных элементов по года, так как в соотношениях (2.9) в совокупность элементов  $\{y_j\}$  ис



кодного  $N$ -мерного пространства наблюдений в данной работе в отличие от подхода, рассмотренного в [76], включен также и предиктант  $x_j$ . Более того, как раз именно статистическая однородность выборки предиктанта нас более всего и интересует.

Подвыборки статистически однородных событий из исходного  $N$ -мерного пространства наблюдений  $\{y_j\}$ ,  $j = 1, \overline{N}$  (архива исходных данных) будем называть рабочими. Напомним, что в качестве исходной модели принята выборка дат  $\{\tau \pm 15 \text{ дней}\}$ . Из нее извлекается подвыборка статистически однородных событий (рабочая выборка), по которой и строятся прогностические уравнения типа (2.6). Заметим, что рабочая и исходная выборки могут совпадать. Это происходит, когда исходная выборка уже обладает желаемым свойством статистической однородности или когда не удалось достаточно успешно выделить классы однородных событий, или, наконец, когда задача выделения просто не ставилась (как, например, в [53]). Конкретный способ выделения рабочей выборки для каждого элемента погоды является неотъемлемой частью собственно метода прогноза и будет изложен в соответствующих параграфах. Алгоритм же построения прогностических уравнений является единым для всех элементов погоды. В нем присутствуют три основных этапа.

1. В модели применяется итерационный способ выборочной оценки среднего и дисперсии числовых рядов случайных величин, суть которого заключается в следующем. Обозначим через  $y$  произвольную случайную величину. Пусть  $\{y_i\}$ ,  $i = 1, \overline{N}$ , рабочая выборка значений  $y$ . На первом шаге итерации рассчитываются обычные состоятельные несмещенные оценки среднего и дисперсии по формулам

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i, \quad \sigma_y^2 = Dy = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.13)$$

и определяется величина вероятного отклонения в гауссовом приближении:

$$E(y) = k\sigma_y = 0,675\sigma_y. \quad (2.14)$$

Далее из совокупности  $\{y_i\}$  выбираются только те значения  $y$ , которые попадают в интервал

$$y_{i1} \in [\bar{y} - E, \bar{y} + E]. \quad (2.15)$$

По совокупности  $\{y_{i1}\}$  вновь рассчитываются средние  $\bar{y}(1)$  по формуле (2.13), а дисперсия рабочей выборки  $\{y_i\}$  относительно среднего  $\bar{y}$  определяется соотношением

$$\sigma_y^2(1) = \sigma_y^2 + [\bar{y} - \bar{y}(1)]^2. \quad (2.16)$$

Продолжая эту процедуру, на  $k$ -й итерации получаем:

$$\bar{y}(k); \quad \sigma_y^2(k) = \sigma_y^2 + [\bar{y} - \bar{y}(k)]^2. \quad (2.17)$$

Можно показать [29], что в случае если рабочая выборка физически неоднородна, т. е. состоит, например, из ситуаций, относящихся двум различным типам процессов, один из которых является неосновным; то при определенных соотношениях между статистическими параметрами этих процессов описанная процедура будет сходиться, рассматриваемые параметры  $\bar{y}$ ,  $\sigma_y^2$  будут стремиться к характеристикам основной моды. Пусть  $\{y1_i\}$  — часть рабочей выборки, относящаяся к основной моде случайной величины  $y$ , а  $\{y2_i\}$  — часть выборки, относящаяся к вторичной моде;  $i = \overline{1, N1}$ ;  $j = \overline{1, N2}$ ;  $N1 + N2 = N$ . Введем следующие обозначения:  $\alpha_1 = N1/N$ ,  $\alpha_2 = N2/N$  — частота появления соответствующих мод;  $\bar{y}1$ ,  $\bar{y}2$ ,  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$  — их средние и дисперсии соответственно;  $E1$  и  $E2$  — величины вероятных отклонений. Тогда как показано в [29], если

$$|\bar{y}1 - \bar{y}2| \geq k \frac{\sigma_1(\bar{y}) + \sigma_2(\bar{y}2)}{\alpha_1}, \quad \alpha_1 \geq 0,75, \quad \sigma_2(\bar{y}) \geq \sigma_1(\bar{y}), \quad (2.18)$$

то описанный итерационный процесс сходится, а

$$\bar{y}(k) \rightarrow \bar{y}1; \quad \sigma_y^2(k) \rightarrow \sigma^2, \quad (2.19)$$

где  $\sigma^2 = \sigma_y^2 + (\bar{y} - \bar{y}1)^2$  при  $k \rightarrow \infty$ .

В случае когда рабочая выборка является однородной или  $\alpha_1 \approx \alpha_2$ , или условия (2.18) не выполняются, применение указанной итерационной процедуры не вносит существенных изменений в значения  $\bar{y}$ ,  $\sigma_y^2$ , т. е. их значения остаются в пределах доверительных интервалов.

Поскольку для заданной территории статистически однородным являются ситуации, относящиеся к одному и тому же типу ВМ, а идентификация типа ВМ по температурным характеристикам, очевидно,

имеет погрешности, то в построенные рабочие выборки будут попадать случаи, относящиеся к другим типам ВМ или к переходным процессам. Исследования, проведенные по архивным данным, показали, что условия (2.18) выполняются примерно в 70 % случаев построения рабочих выборок. Следовательно, применение процедуры перерасчета среднего и дисперсии дает возможность получить более точные оценки значений математического ожидания используемых рядов предикторов и предиктантов для данного типа ВМ (основной моды). Для переходных процессов, когда  $M1 \approx M2$  ( $\alpha_1 \approx \alpha_2$ ), или ситуаций, когда  $\sigma_1 \approx \sigma_2$ , значения средних и дисперсий практически не отличаются от рассчитанных по формулам (2.13) на первом шаге итерации.

Рассмотрим теперь, как применение описанной процедуры повлияет на значения коэффициентов парной корреляции. Пусть  $x, y$  — две случайные величины. Не ограничивая общности, можно принять:  $Mx = My = 0$ . Обозначим:  $\tilde{x}, \tilde{y}$  — ошибки выборочной оценки математического ожидания. Тогда

$$\tilde{r}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \sigma_x \sigma_y} - \frac{\tilde{x} \times \tilde{y}}{\tilde{\sigma}_x \times \tilde{\sigma}_y}, \quad \tilde{\sigma}_x^2 = \sigma_x^2 + \tilde{x}^2, \quad \tilde{\sigma}_y^2 = \sigma_y^2 + \tilde{y}^2, \quad (2.20)$$

где тильдой отмечены расчетные значения параметров с учетом влияния ошибок  $\tilde{x}, \tilde{y}$ .

Подставляя выражения для  $\tilde{\sigma}$  в (2.20) и обозначая через  $r(x, y)$  значения коэффициента корреляции между  $x, y$  без ошибок среднего (назовем его „истинным”), получаем:

$$\tilde{r}(x, y) = \gamma \times r(x, y) - \beta, \quad (2.21)$$

где

$$\gamma = \left[ \left( 1 + \frac{\tilde{x}^2}{\sigma_x^2} \right) \times \left( 1 + \frac{\tilde{y}^2}{\sigma_y^2} \right) \right]^{-1/2}, \quad \beta = \frac{\tilde{x} \times \tilde{y}}{\tilde{\sigma}_x \times \tilde{\sigma}_y}. \quad (2.22)$$

Из (2.21), (2.22) видно, что влияние вклада  $\gamma$  всегда приводит к уменьшению значения модуля коэффициента корреляции, а вклад  $\beta$  зависит от соотношения знаков произведения  $\tilde{x} \times \tilde{y}$  и  $r(x, y)$ . При совпадении знаков вклад  $\beta$  будет обуславливать увеличение расчетного значения  $|\tilde{r}(x, y)|$  по сравнению с „истинным”, а при различных знаках —

уменьшение. Таким образом, если вторичная мода рабочей выборки предиктанта располагается, например, в левой части размаха выборки (в интервале  $[Y1, Y2]$ ), а вторичная мода предиктора (если она существует) — в правой части  $[X4, X5]$ , то в случае положительной корреляции предиктора с предиктантом влияние вторичной моды приведет к занижению значения  $|\bar{r}(x, y)|$ , рассчитанного стандартным способом, по сравнению с его значением, соответствующим основной моде. При отрицательной корреляции, напротив, получим завышенное значение  $|\bar{r}(x, y)|$ . Такая ситуация возникает, например, при расчете коэффициента корреляции  $r(t_{\text{экс}}, P_0)$ , который имеет отрицательные значения в зимний период и положительные летом. Очевидно, при  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  вклад  $\gamma$  и  $\beta$  в значения коэффициентов уравнения регрессии  $\{A_i\}$  незначителен, однако он влияет на выбор совокупности  $\{\phi_k\}$  из списка потенциальных предикторов  $\{\phi_i\}$  в применяемом алгоритме отбора.

Заметим в заключение, что для получения оценок  $\bar{x}_i$  и  $\sigma^2$  по рабочей выборке при  $\alpha_1 \geq 3\alpha_2$  достаточно трех-четырёх итераций. При этом как численные эксперименты прогноза в оперативном режиме, так и архивные оценки показывают, что применяемый подход всегда улучшает качество прогноза с точки зрения поставленной задачи — достижения максимума оправдываемости. Под словами „всегда улучшает” здесь подразумевается тот факт, что для каждого конкретного прогноза значения  $x(t)$  характеристика качества  $P$  (оправдываемость) больше или равна значению, полученному при прогнозе  $x(t)$  без пересчета средних и среднеквадратических отклонений. Следовательно, осредненные оценки оправдываемости  $P$  (среднемесячные или средне-сезонные) будут безусловно выше, чем при стандартном расчете выборочных оценок  $M, \sigma$  по формулам (2.13). Эту ситуацию следует отличать от обычного улучшения качества прогноза за счет увеличения числа оправдавшихся прогнозов и уменьшения числа неоправдавшихся, хотя часть „хороших” прогнозов при этом, вообще говоря, может перейти в разряд „плохих”.

2. Следующим этапом алгоритма является приведение всех векторов потенциальных предикторов и предиктантов к безразмерному (нормированному) виду:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}, \quad \bar{\phi}_{ij} = \frac{\phi_{ij} - \bar{\phi}_i}{\sigma(\phi_i)}, \quad (2.23)$$

где  $x_i, \phi_{ij}$  — размерные значения рассматриваемых элементов;  $\bar{x}, \bar{\phi}_i, \sigma^2(x), \sigma^2(\phi_i)$  — их средние и дисперсии, рассчитанные по рабочей вы-

орке описанной выше итерационной процедурой;  $\bar{x}_j, \bar{\phi}_{ij}$  — безразмерные значения элементов рабочих векторов;  $j = \overline{1, NN}$ ;  $NN$  — длина рабочей выборки;  $i = \overline{1, k}$ ;  $k$  — число потенциальных предикторов.

В результате преобразования (2.23) получаются безразмерные ряды случайных величин  $\{\bar{x}_i, \bar{\phi}_{ij}\}$ , имеющие нулевое среднее и дисперсию, равную единице:

$$M\bar{x} = M\bar{\phi}_i = 0; \sigma^2(\bar{x}) = \sigma^2(\bar{\phi}_i) = 1. \quad (2.24)$$

Такой подход дает возможность при расчете коэффициентов корреляции вычислять только парные произведения типа  $\bar{x}_i \times \bar{\phi}_{ij}$  или  $\bar{\phi}_{ij} \times \bar{\phi}_{kj}$  при  $k \neq i$ . А при вычислении коэффициентов уравнения регрессии отпадает необходимость рассчитывать отношение дисперсий предиктанта и предикторов в  $A_i$ . Отметим, что этот широко известный в математике и вполне естественный прием, к сожалению, не всегда используется в отечественной практике статистического моделирования гидрометеорологических процессов. Построение же уравнений регрессии на размерных выборках может привести к несостоятельности оценок  $\{A_i\}$ .

В представляемом алгоритме преобразование (2.23) имеет многофункциональное назначение. Кроме существенной экономии машинного времени, оно позволяет унифицировать анализ прогностических свойств и физического содержания уравнений регрессии, получаемых в процессе их построения.

3. На третьем этапе алгоритма проводится отбор предикторов для построения уравнения регрессии. Для этого сначала рассчитываются коэффициенты парной корреляции  $r(x, \phi_i)$  всех потенциальных предикторов  $\{\phi_i\}$  с предиктантом  $x$ . Далее из каждой серии выбирается один предиктор, имеющий максимальное значение  $|r(x, \phi_i)|$ ,  $i = \overline{1, N_k}$ ,  $N_k$  — число предикторов в  $k$ -й серии. При этом на выбираемый предиктор налагается условие попадания его оперативного значения в размах исходной выборки:

$$\min_{1 \leq j \leq N} \{\phi_{ij}\} \leq \phi_i(\tau) \leq \max_{1 \leq j \leq N} \{\phi_{ij}\}, \quad (2.25)$$

где  $N$  — длина исходной выборки.

В (2.25) под  $\phi_i(\tau)$  понимается то значение  $\phi_i$ , которое будет появляться в полученное в результате построения уравнение регрессии

для прогноза на дату  $t$ , а не значение  $\phi_i$  в момент времени  $t$ . Выполнение условия (2.25) необходимо при решении задачи в диагностической постановке. Понятно, что пользоваться построенным прогностическим уравнением можно только тогда, когда значения всех фигурирующих в нем независимых переменных находятся в интервалах, предусмотренных архивными данными, так как для других диапазонов значений  $\phi_i$  построенная регрессия не предназначена и может оказаться неверной, что приведет к ошибкам прогноза. Отметим сразу же, что в существующих на сегодняшний день статистических моделях РЭП проверка условия (2.25) в процедуре отбора рабочих предикторов не применяется. Это является следствием традиций, сложившихся в практике построения статистических моделей гидрометеорологических прогнозов с фиксированным набором предикторов и рассчитанными заранее значениями  $\{A_i\}$ . Однако при решении задачи в диагностической постановке (например, в случае краткосрочного физико-статистического прогноза условия (2.25), как правило, присутствуют в неявной форме в виде ограничений на область применимости прогностических или диагностических соотношений: для заданного типа атмосферных процессов, например конвективной природы, на рассматриваемой территории и т. д.

При построении моделей с переменным набором предикторов появляется возможность соблюдать требования (2.25) в явном виде. Это, в частности, избавляет от использования заведомо ошибочной информации при работе алгоритма в оперативном режиме. При этом если в концепции РР не исключена возможность распространения полученных уравнений на близлежащие интервалы изменения значений  $\phi_i$  в случаях, когда эти уравнения адекватно описывают физику исследуемого процесса, то в концепции MOS, очевидно, поведение конкретной гидродинамической модели за пределами интервалов наблюдений статистически не предсказуемо.

После предварительного выбора по одному предиктору из каждой серии все предикторы, имеющие  $|r(x, \phi_i)| \geq UKOR$ , где  $UKOR$  — некоторый наперед заданный уровень значимости, ранжируются в порядке убывания модуля коэффициента корреляции с предиктантом. Значения  $UKOR$  определяется эмпирически в процессе численных экспериментов и предназначено исключительно для сокращения объема вычислений. Оно вынесено во внешние константы модели и при достаточно быстром действии используемой ЭВМ может быть положено равным нулю.

Далее к отранжированным предикторам применяется процедура просеивания по уровню взаимной корреляции. Из двух предикторов,  $\phi_k$  и

$\phi_i$ , имеющих  $|r(\phi_i, \phi_k)| \geq UR$  (т. е. уровень корреляции выше некоторого заданного значения  $UR$ ), остается тот, который имеет большее значение модуля коэффициента корреляции с предиктантом, т. е. тот, который встречается первым в отранжированном ряду. Таким образом, при

$$|r(\phi_i, \phi_k)| \geq UR \quad (2.26)$$

из списка выбрасывается предиктор  $\phi_k$ , если  $k \leq i$ , или  $\phi_i$ , если  $i \leq k$ .

Значение  $UR$  определялось в процессе численных экспериментов как максимально допустимое при условии сохранения устойчивости вычисления коэффициентов уравнения регрессии. Эксперименты показали, что оптимальным для данной модели следует считать значение  $UR = 0,6$ . Однако в целях экономии машинного времени в оперативном варианте модели используется значение  $UR = 0,4$ , что не вносит существенных изменений в качество прогноза в сравнении с ошибками, вносимыми прогностической продукцией ЕЦСПП.

Константа  $UR$ , так же как и  $UKOR$ , является внешней константой модели. Она вынесена в исходные данные программы и может изменяться по желанию пользователя. Рекомендуемый интервал изменений  $0,4 \leq UR \leq 0,6$ . Заметим, что  $UR$  нельзя полагать равным нулю. Это обусловлено конкретной программной реализацией модели и не несет в себе какого-либо физического или математического смысла. Для экспериментов можно задавать  $UR = \varepsilon > 0$ , где  $\varepsilon$  — любое сколь угодно малое, но отличное от нуля число.

На отобранных описанной процедурой предикторах прогностическое уравнение строится стандартным способом (минимизацией функционала (2.8)), то есть, рассчитываются значения  $\{A_i\}$  методом наименьших квадратов на рабочей выборке. После получения расчетного значения предиктанта  $\hat{x}$  преобразованием, обратным к (2.23), восстанавливается его размерное значение.

В программной реализации третьего этапа алгоритма полная матрица парных корреляций не рассчитывается ни для всей совокупности потенциальных предикторов, ни для отобранных на первом шаге независимых переменных  $\{\phi_j\}$ ,  $j = 1, k$ ,  $k$  — число серий. В программе применяется специально разработанный автором весьма экономичный алгоритм, суть которого заключается в следующем. На шаге ранжирования номера отобранных предикторов записываются в отведенный для того вектор  $NP$  (одномерный массив длиной  $k$  ячеек, равной числу серий) в порядке убывания модуля коэффициента парной корреляции с предиктантом с параллельной проверкой условия

$$|r(x, \phi_j)| \geq UKOR \quad (2.27)$$

и уменьшением общего числа  $M$  потенциальных предикторов в случае если (2.27) для каких-либо предикторов не выполняется. В результате получаем вектор  $NP(I)$  номеров потенциальных предикторов  $I \leq M \leq k$ ,  $k$  — число серий.

Далее для предиктора с номером  $NP(1)$  рассчитываются коэффициенты парной корреляции с предикторами  $\{\phi_j\}$ ,  $j = NP(2), \dots, NP(M)$  и проверяется условие (2.26). Если оно не выполняется, то значение  $r(\phi_{NP(1)}, \phi_j)$  заносится в матрицу парных корреляций. Как только встречается предиктор  $\phi_{NP(J)}$ ,  $J = 2, M$ , для которого условие (2.26) выполняется, вектор  $NP$  изменяется:  $NP(I) = NP(I + 1)$  для всех  $I \geq J$  — значение  $M$  уменьшается на единицу ( $M_1 = M - 1$ ). Естественно, значение  $r(\phi_{NP(1)}, \phi_{NP(J)})$  в матрицу парных корреляций не заносится, а предиктор  $\phi_{NP(J)}$  больше не участвует в процедуре отбора. Число исследуемых предикторов уменьшается на единицу. Эта процедура повторяется для всех последующих предикторов с номерами  $NP(I)$ ,  $2 \leq I \leq M_k$  при этом вектор  $NP$  и общее число предикторов  $M_k$  меняется каждый раз, когда встречается предиктор, который следует исключить из списка по условию (2.26).

Описанный алгоритм весьма эффективен для моделей с большим списком потенциальных предикторов. Он гораздо экономичнее всех известных стандартных способов отбора предикторов для построения уравнений регрессии [65], в частности и метода сокращения Дулитла [109].



### 3. КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ И СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА У ЗЕМЛИ

#### 3.1. Описание метода

Для прогноза экстремальной ( $t_{\text{экс}}$ ) и среднесуточной

$$\bar{t}_{\text{сут}}(\tau) = \frac{1}{2}[t_{\text{min}}(\tau) + t_{\text{max}}(\tau)] \quad (3.1)$$

температуры воздуха у земли используется комплексация трех типов моделей в рамках единой управляющей программы. Типы моделей различаются по уровню сложности и пронумерованы в порядке ее возрастания цифрами 5, 6, 7. Кроме того, в сборке фигурируют модификации моделей 6, 7 с номерами 8, 9 соответственно.

Простейшей считается модель 5 (1.1), реализованная в рамках описанного алгоритма. В качестве предиктантов здесь используются значения  $t_{\text{min}}$  и  $t_{\text{max}}$ . Набор предикторов для прогноза фиксирован и соответствует перечню модели (1.1). Для прогноза используются только инхронные связи. Значения среднесуточной температуры рассчитываются по формуле (3.1).

Следующей по сложности считается модель 6, построенная в соответствии с представленным во второй главе алгоритмом и аппроксимацией предиктантов непрерывной функцией на исходной выборке, охватывающей временной интервал  $\pm 15$  дней от даты прогноза. В качестве предиктантов здесь используются тенденции экстремальных температур от даты исходного дня к дате прогноза. Искомые значения элементов погоды рассчитываются по формулам (3.1) и

$$t_{\text{экс}}(\tau) = t_{\text{экс}}(\tau - 1) + \Delta t_{\text{экс}}(\tau). \quad (3.2)$$

Наиболее высокий уровень сложности имеет модель 7 с выделением классов статистически однородных событий для текущего типа ВМ. В качестве предиктантов в этой модели используются тенденции экстремальных температур. Восстановление прогностических значений элементов погоды проводится по формулам (3.1) и (3.2).

Комплексация моделей проводится в два этапа. Сначала для каждой станции, сезона года и типа воздушных масс определяется вариант расчета прогноза, дающий максимум оправдываемости на независимых

архивных выборках. Далее проводится корректировка комплексации по результатам оперативных испытаний в процессе анализа ошибок, внесимых прогнозами ГДМА в расчетные значения предикторов. В настоящее время это, как правило, прогнозы ЕЦСПП. По результатам анализа проводится модификация моделей 6, 7, заключающаяся в запрете на выбор тех предикторов, в которых чаще всего и в наибольшей степени проявлялись ошибки прогнозов полей метеоэлементов по ГДМА. Для полей ЕЦСПП это в основном ошибки в значениях тенденции приземного давления и вертикального градиента температуры в слое 1000—850 гПа.

Численные эксперименты по оценке качества и комплексации модели проводились для 12 станций Амурской области и Хабаровского края. Распределение станций по исследуемой территории представлено на рис. 2. В список были включены три станции Амурской области (Тында, Зея, Благовещенск) и девять станций Хабаровского края: три для каждого из районов — южные (Хабаровск, Облучье, Екатерино-Никольское); центральные (Комсомольск-на-Амуре, Чегдомын, Светская Гавань); северные (Аян, Нелькан, Николаевск-на-Амуре). Таким образом, методы отработывались для пунктов прогноза, расположенных в различных физико-географических условиях, характерных для рассматриваемой территории.

Анализ результатов исследований и испытаний показывает следующее. С физико-географической точки зрения модель 5 следует использовать для прогноза  $t_{\text{экс}}$  в тех ситуациях, когда заданный пункт прогноза находится в непосредственной близости от текущей географической локализации оси планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), так что вероятность смены типа ВМ в ближайшие сутки велика ( $> 0,5$ ). Модель 6 с аппроксимацией  $\Delta t_{\text{экс}}$  непрерывной функцией на исходной выборке показывает наилучший результат для холодных ВМ зимой и теплых ВМ летом, т. е. для тех процессов, которые формируют основную моду исходной выборки. Модель 7 с построением кусочной непрерывной аппроксимации  $\Delta t_{\text{экс}}$  для каждого типа ВМ дает максимум оправданности в случае ситуаций, относящихся к внутримассовым условиям вторичной моды исходной выборки. Варианты 8 и 9 следует использовать в ситуациях, описанных для моделей 6, 7 соответственно, в тех случаях, когда пункт прогноза располагается на периферии ПВФЗ, где оперативные значения удаляемых предикторов, рассчитанные по прогнозам ЕЦСПП, имеют большие ошибки.

Статистическая интерпретация результатов комплексации отражает статистические свойства исходных выборок прогнозируемых элементов погоды. Высокая в среднем инерционность прогнозируемых ха

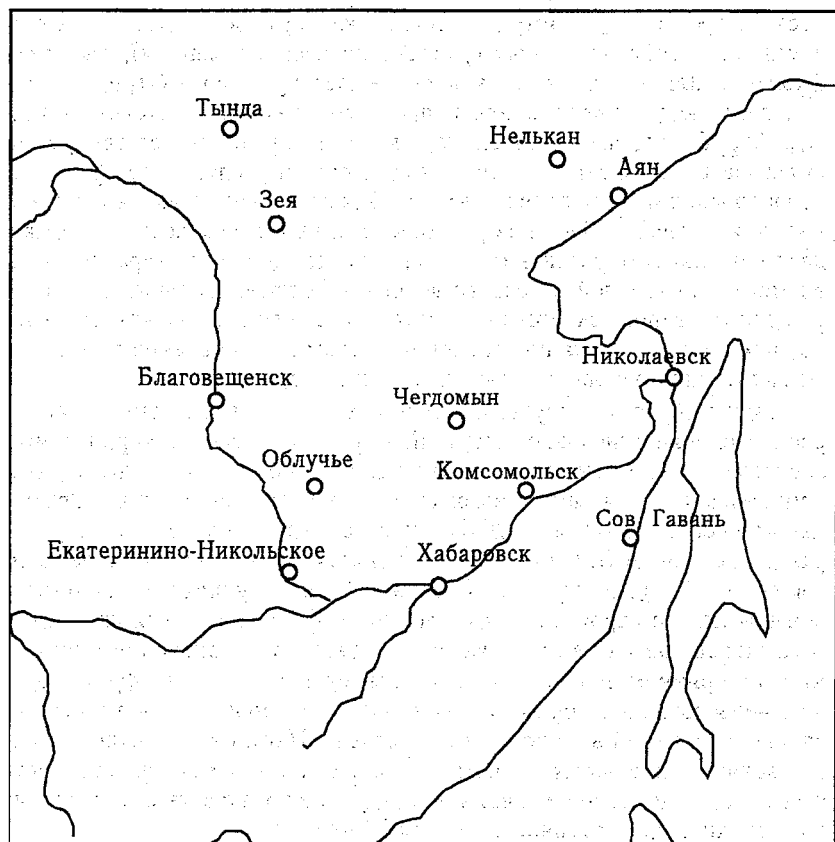


Рис. 2. Расположение пунктов прогноза по территории Амурской области и Хабаровского края.

рактических погоды ( $t_{\text{экс}}$ ,  $\bar{t}_{\text{сут}}$ ) на рассматриваемой территории приводит к большим значениям коэффициентов автокорреляции, что, как известно, отрицательно сказывается на прогностических свойствах уравнений регрессии. Поэтому использование значений  $t_{\text{экс}}$  в качестве предиктантов целесообразно только для выборок, в которых велика вероятность смены типа ВМ в течение рассматриваемых суток и инерционный фактор не играет ведущей роли, а следовательно, наблюдается низкий уровень автокорреляции предиктантов. В таких ситуациях использовать описанный алгоритм в полном объеме нежелательно в связи с его слишком высокой чувствительностью к ошибкам гидродинами-

ческого прогноза, максимум которых локализуется в окрестности приземных и, особенно (в совокупности по всем элементам), высотных фронтов. Для прогноза приземной температуры во внутримассовых условиях, когда инерционность процессов велика и автокорреляция  $t_{\min}, t_{\max}$  физически обусловлена, в качестве предиктантов следует использовать их тенденции, для которых оценки модуля коэффициента автокорреляции на исходной выборке близки к нулю. Наконец, выделение из исходной выборки ситуаций с заданным типом воздушных масс дает возможность установить связи искомым числовым характеристикам элементов локальной погоды со значениями потенциальных предикторов для тех типов текущих процессов, частота появления которых в исходных выборках мала по сравнению с частотой появления процессов формирующих основную моду исходной выборки.

Таким образом, результат первого этапа комплексации отражает распределение описанных ситуаций на рассматриваемой территории зависимости от сезона года и типа исходной ВМ. Конечный же вариант комплексации показывает географическую локализацию ошибок гидродинамического прогноза ЕЦСПП на рассматриваемой территории для различных типов ВМ. Результаты комплексации моделей представлены на рис. 3, 4 (1-й этап) и 5, 6 (2-й этап). На рисунках цифрой 5 отмечены зоны, где вероятность смены типа ВМ велика, а ошибки, вносимые гидродинамическим прогнозом в оперативные значения выбираемых алгоритмом предикторов, весьма существенны. Цифрами 6, помечены зоны, в которых гидродинамический прогноз практически не вносит искажений в испытываемую модель. Цифры 8, 9 соответствуют тем зонам, для которых алгоритм, дающий максимум оправданности на заданном архивном материале, следует использовать с поправками на ошибки в прогностических полях ГДМА.

Схему реализации комплексного метода прогноза коротко можно сформулировать следующим образом: {определение типа ВМ}  $\rightarrow$  {определение номера модели прогноза по таблице, встроенной в управляющую программу}  $\rightarrow$  {расчет значений предиктантов}  $\rightarrow$  {прогноз  $t_{\text{экс}}, t_{\text{ср}}$ }.

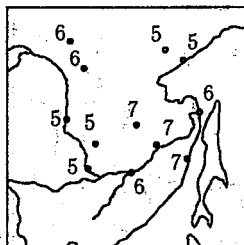
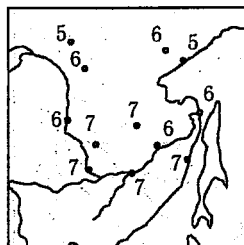
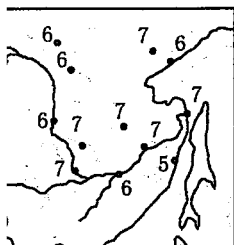
### 3.2. Способ определения классов статистически однородных событий

Классы статистически однородных событий в моделях 7, 9 определяются на основании анализа статистических свойств исходной выборки прогнозируемого элемента погоды ( $t_{\min}, t_{\max}$ ) и предиктантов  $\Delta t_{\text{экс}}$

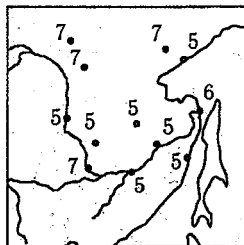
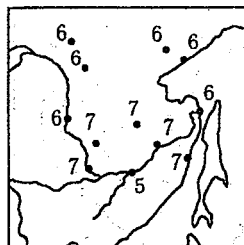
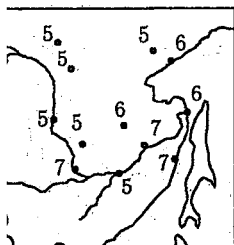
Холодные ВМ

Умеренные ВМ  
Зима

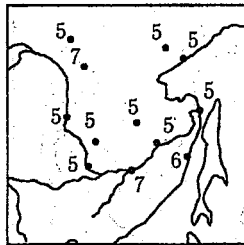
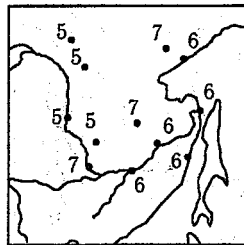
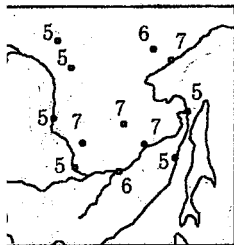
Теплые ВМ



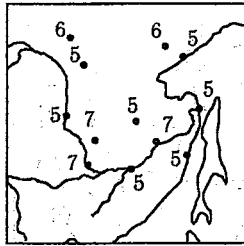
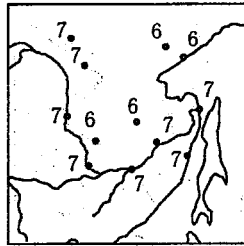
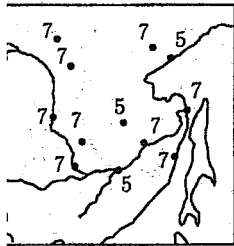
Весна



Лето



Осень



ис. 3. Комплексация моделей для прогноза  $t_{\min}$  по архиву фактических данных (1-й этап).

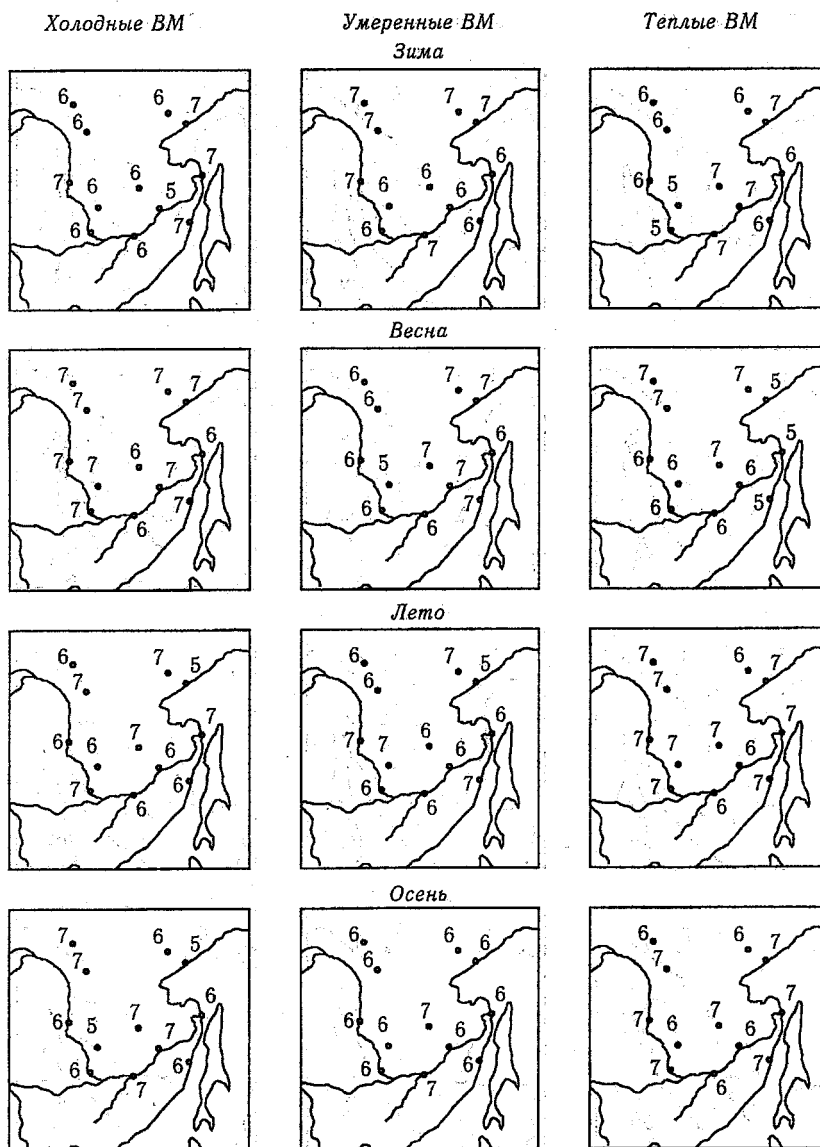


Рис. 4. Комплексы моделей для прогноза  $t_{\max}$  по архиву фактических данных (1-й этап).

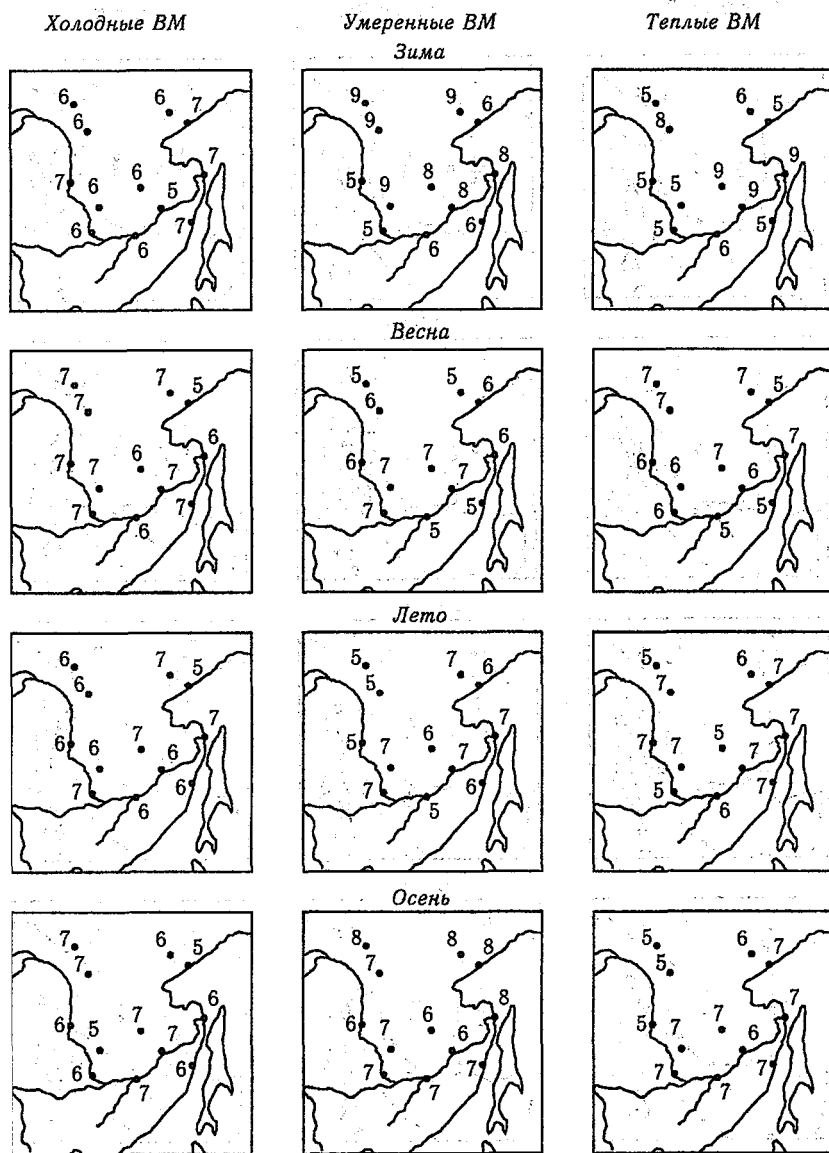


Рис. 5. Комплексация моделей для прогноза  $t_{\min}$  по архиву фактических данных (2-й этап).

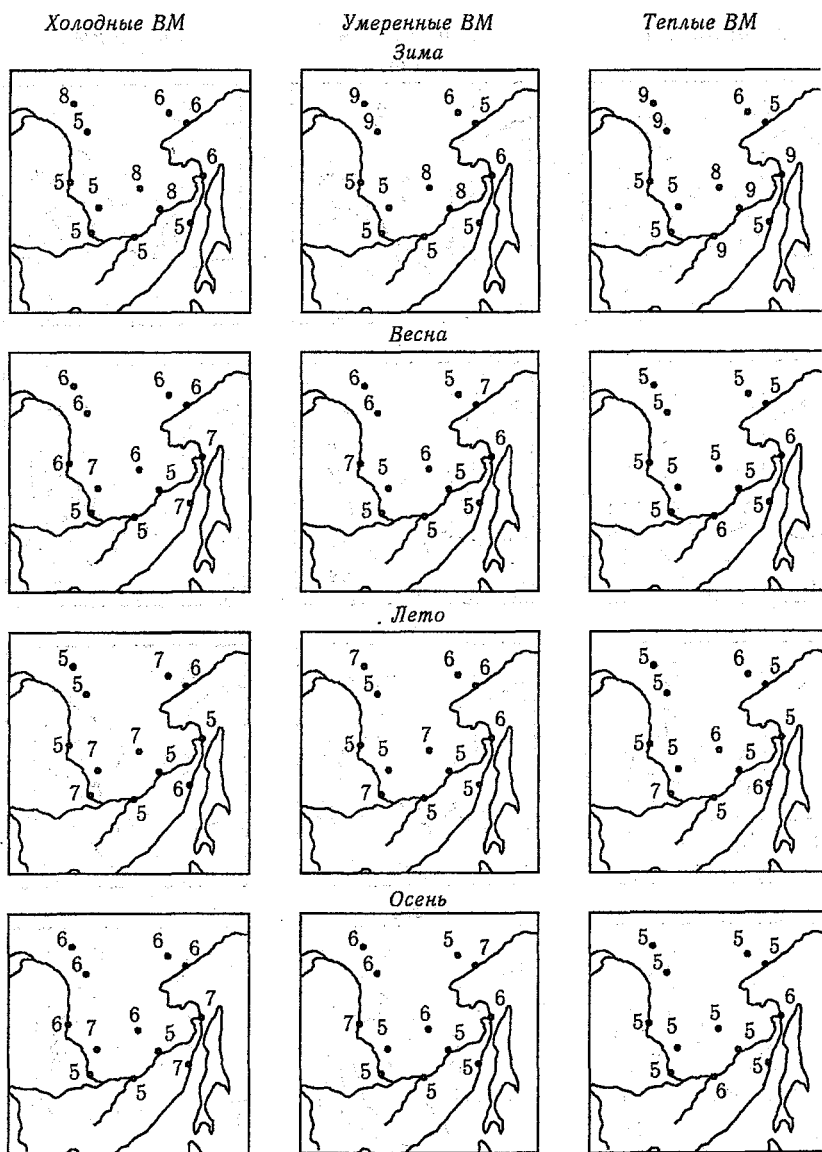


Рис. 6. Комплексация моделей для прогноза  $t_{\max}$  по архиву фактических данных (2-й этап).



Сначала рассчитываются контрольные точки  $T1$ ,  $T3$ ,  $T5$  размаха выборки  $t_{\text{экс}}$ :

выборочная оценка математического ожидания

$$T3 = Mt_{\text{экс}} = \bar{t}_{\text{экс}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_{\text{экс}}(\tau_j); \quad (3.3)$$

границы выборки

$$T1 = \min_{1 \leq j \leq N} \{t_{\text{экс}}(\tau_j)\}, \quad T5 = \max_{1 \leq j \leq N} \{t_{\text{экс}}(\tau_j)\}, \quad (3.4)$$

где  $\tau_j \in [\tau_k - 15, \tau_k + 15]$  по всем архивным годам  $k = \overline{1, 10}$ .

С целью фильтрации случайных выбросов за  $T1$  и  $T5$  принимаются значения, близлежащие по отношению к  $T1$ ,  $T5$ , рассчитанным по формуле (3.4), т. е. после ранжирования ряда  $t_{\text{экс}}(\tau_j)$  к  $T1$  присваивается значение  $t_{\text{экс}}$  с номером 2, а к  $T5$  — значение с номером  $N - 1$ .

Для определения  $T2$ ,  $T4$  вычисляется дисперсия для каждого полуразмаха выборки по формулам

$$\sigma_1^2(t_{\text{экс}}) = \frac{1}{N1 - 1} \sum_{j1=1}^{N1} [t_{\text{экс}}(\tau_{j1}) - T3]^2 \quad (3.5)$$

для всех  $t_{\text{экс}}(\tau_{j1}) \leq T3$ ;  $j1 = \overline{1, N1}$ ;

$$\sigma_2^2(t_{\text{экс}}) = \frac{1}{N2 - 1} \sum_{j2=1}^{N2} [t_{\text{экс}}(\tau_{j2}) - T3]^2 \quad (3.6)$$

для всех  $t_{\text{экс}}(\tau_{j2}) \geq T3$ ;  $j2 = \overline{1, N2}$ .

Значения  $T2$  и  $T4$  определяются как интервалы вероятного отклонения случайной величины  $t_{\text{экс}}$  от ее среднего  $T3$ . В предположении, что  $t_{\text{экс}}$  имеет нормальную плотность распределения с параметрами  $(T3, \sigma_1)$  для левой части размаха выборки и с параметрами  $(T3, \sigma_2)$  для правой ее части, получим:

$$T2 = T3 - k\sigma_1(t_{\text{экс}}), \quad T4 = T3 + k\sigma_1(t_{\text{экс}}), \quad (3.7)$$

где  $k = 0,675$  [16]. Однако в связи с тем, что распределение  $t_{\text{экс}}$  существенно отличается от нормального закона распределения, на величину вероятного отклонения вводятся поправки из условия

$$\begin{aligned} P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \leq T2/t_{\text{экс}}(\tau_j - 1) \geq T4\} &= 0, \\ P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \geq T4/t_{\text{экс}}(\tau_j - 1) \leq T2\} &= 0. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Окончательно получаем

$$\begin{aligned} T2 &= T3 - \frac{1}{2} \left[ 0,675\sigma_1(t_{\text{экс}}) + \frac{T3 - T1}{2} \right], \\ T4 &= T3 + \frac{1}{2} \left[ 0,675\sigma_2(t_{\text{экс}}) + \frac{T5 - T3}{2} \right]. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Соотношения (3.9) получены экспериментальным путем из условий (3.8) и требования, чтобы второе слагаемое в соотношениях (3.9) было близко к величине вероятного отклонения, т. е.

$$\begin{aligned} P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \in [T1, T2]\} &\approx P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \in [T2, T3]\}, \\ P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \in [T3, T4]\} &\approx P\{t_{\text{экс}}(\tau_j) \in [T4, T5]\}. \end{aligned}$$

Далее определяется положение точки  $t_{\text{экс}}(\tau - 1)$  на размахе выборки  $\{t_{\text{экс}}(\tau_j)\}$ , т. е. интервал  $[T1, T2]$ ,  $[T2, T4]$ ,  $[T4, T5]$ , которому принадлежит текущее значение  $t_{\text{экс}}(\tau - 1)$ , и из архива набирается выборка  $\Delta t_{\text{экс}}(\tau_j)$  только для тех  $\tau_j \in [\tau_k \pm 15]$ ,  $k = 1, 10$ , для которых  $t_{\text{экс}}(\tau_j - 1)$  попадает в тот же интервал, что и  $t_{\text{экс}}(\tau - 1)$ .

Для построенной таким образом выборки  $\{\Delta t_{\text{экс}}(\tau_m)\}$  вычисляются среднее  $M\Delta t_{\text{экс}}$  и дисперсии  $\sigma_1^2(\Delta t_{\text{экс}})$ ,  $\sigma_2^2(\Delta t_{\text{экс}})$  по формулам (3.3) (3.4). Рабочая выборка составляется из тех дат  $\tau_m$  исходной архивной выборки, для которых

$$a \leq t_{\text{экс}}(\tau_m - 1) \leq b, \quad (3.10)$$

где

$$a = \max\{T1; t_{\text{экс}}(\tau - 1) - TA\}, \quad b = \min\{T5; t_{\text{экс}}(\tau - 1) + TB\}, \quad (3.11)$$

$$TA = \sqrt{2}\sigma_1(\Delta t_{\text{экс}}) + M\Delta t_{\text{экс}}, \quad TB = \sqrt{2}\sigma_2(\Delta t_{\text{экс}}) + M\Delta t_{\text{экс}}. \quad (3.12)$$

Формулы (3.12) получены из определения величины вероятного отклонения  $E$

$$P\{|x - Mx| < E(x)\} = 0,5 \quad (3.13)$$

неравенства Чебышева [15]

$$P\{|x - Mx| < \varepsilon\} \geq 1 - \sigma^2(x)/\varepsilon^2(x), \quad (3.14)$$

где  $\varepsilon$  — любое интересующее нас отклонение случайной величины  $x$  от ее математического ожидания  $Mx$ . Из (3.13), (3.14) имеем

$$P\{|x - Mx| < E(x)\} = 0,5 \geq 1 - \sigma^2(x)/E^2(x). \quad (3.15)$$

Тогда для  $E(x)$  получим ограничение

$$E(x) = \sqrt{2}\sigma(x).$$

Полагая теперь  $x = \Delta t_{\text{экс}}$ , а  $E(\Delta t_{\text{экс}}) = \sqrt{2}\sigma(\Delta t_{\text{экс}})$  и подставляя эти значения в (3.15), получаем

$$P\{|\Delta t_{\text{экс}} - M\Delta t_{\text{экс}}| \leq \sqrt{2}\sigma(\Delta t_{\text{экс}})\} \geq \frac{1}{2}. \quad (3.16)$$

Поскольку согласно построению  $T2, T4$

$$P\{t_{\text{экс}}(\tau) \leq T4/t_{\text{экс}}(\tau - 1) \leq T2\} = 1,$$

$$P\{t_{\text{экс}}(\tau) \geq T2/t_{\text{экс}}(\tau - 1) \geq T4\} = 1,$$

о

$$P\{|\Delta t_{\text{экс}}(\tau) \leq T4 - T2| / t_{\text{экс}}(\tau - 1) \leq T2\} = 1,$$

$$P\{|\Delta t_{\text{экс}}(\tau) \leq T4 - T2| / t_{\text{экс}}(\tau - 1) \geq T4\} = 1.$$

Из (3.9) имеем

$$T4 - T2 = \frac{1}{2} \left\{ k[\sigma_1(t_{\text{экс}}) + \sigma_2(t_{\text{экс}})] + \frac{1}{2}(T5 + T1 - 2T3) \right\}.$$

Обозначим:  $\bar{\sigma}(t_{\text{экс}}) = \frac{1}{2}[\sigma_1(t_{\text{экс}}) + \sigma_2(t_{\text{экс}})]$ , тогда

$$T4 - T2 = k\bar{\sigma}(t_{\text{экс}}) + \frac{1}{2} \left( \frac{T5 + T1}{2} - T3 \right).$$

Таким образом, для  $t_{\text{экс}}(\tau - 1) \leq T2$  или  $t_{\text{экс}}(\tau - 1) \geq T4$

$$P \left\{ |\Delta t_{\text{экс}}(\tau)| < 0,675\bar{\sigma}(t_{\text{экс}}) + \frac{1}{2} \left( \frac{T5 + T1}{2} - T3 \right) \right\} = 1. \quad (3.1)$$

Для симметрично распределенной случайной величины  $t_{\text{экс}}$  (3.17) примет вид

$$P\{|\Delta t_{\text{экс}}| < 0,675\sigma(t_{\text{экс}})\} = 1. \quad (3.1)$$

Следовательно, в случае когда  $t_{\text{экс}}$  имеет квазисимметричное распределение и  $t_{\text{экс}}(\tau - 1) \leq T2$  или  $t_{\text{экс}}(\tau - 1) \geq T4$ , получаем

$$P\{t_{\text{экс}}(\tau) \in [t_{\text{экс}}(\tau - 1) - k\sigma t_{\text{экс}}; t_{\text{экс}}(\tau - 1) + k\sigma t_{\text{экс}}]\} = 1.$$

Однако поскольку в соответствии с (3.16)

$$P\{t_{\text{экс}}(\tau) \in [t_{\text{экс}}(\tau - 1) - TA; t_{\text{экс}}(\tau - 1) + TA]\} \geq \frac{1}{2},$$

то применение границ  $a, b$ , рассчитанных по формулам (3.11) — (3.12) вполне корректно при

$$k\sigma(t_{\text{экс}}) \leq \sqrt{2}\sigma(\Delta t_{\text{экс}}) + M\Delta t_{\text{экс}}, \quad (3.1)$$

или

$$\sigma(\Delta t_{\text{экс}}) \geq \frac{k\sigma(t_{\text{экс}}) - M\Delta t_{\text{экс}}}{\sqrt{2}}. \quad (3.2)$$

Поскольку неравенство (3.20) по оценкам, проведенным нами и архиву фактических данных, как правило, выполняется, то границы  $a$  и  $b$  выборки в модели 7 определяются соотношениями (3.11) — (3.12). Это позволяет не только снизить скорость возвращения  $t_{\text{экс}}(\tau)$  среднему  $Mt_{\text{экс}}$  для краев выборки  $[T1, T2]$ ,  $[T4, T5]$ , но и описывать движение  $t_{\text{экс}}(\tau)$  к границам выборки  $T1, T5$  при отклонении  $t_{\text{экс}}(\tau)$  от  $T3$  более чем на величину вероятного отклонения с частотой, вполне соответствующей реально наблюдаемой.

### 3.3. Результаты оперативных испытаний для станций Амурской области и Хабаровского края

Оперативные испытания комплексного метода прогноза экстремальных и среднесуточных температур воздуха у земли проводились в Дальневосточном УГМС в период с 14 декабря 1994 г. по 10 октября 1995 г. В табл. 2 и 3 представлены оценки качества прогнозов экстремальных температур по результатам испытаний.

Таблица 2

**Оправдываемость  $P$  (%) оперативных прогнозов максимальной температуры воздуха у земли по комплексному методу (1994—1995 гг.)**

|                  | Зима 1994-95 г. |            | Весна 1995 г. |            | Лето 1995 г. |            | Осень 1995 г. |            |
|------------------|-----------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|
|                  | 1—3<br>сут      | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут    | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут   | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут    | 4—5<br>сут |
| Хабаровск        | 65              | 52         | 73            | 71         | 96           | 95         | 80            | 55         |
| Тында            | 60              | 48         | 61            | 48         | 91           | 94         | 80            | 80         |
| Зея              | 62              | 57         | 78            | 62         | 94           | 84         | 93            | 90         |
| Благовещенск     | 74              | 64         | 80            | 69         | 96           | 89         | 75            | 82         |
| Облучье          | 68              | 63         | 67            | 55         | 86           | 74         | 76            | 67         |
| Екат.-Никольское | 73              | 53         | 67            | 59         | 93           | 82         | 87            | 90         |
| Нелькан          | 60              | 52         | 74            | 73         | 90           | 89         | 72            | 70         |
| Аян              | 68              | 56         | 80            | 80         | 99           | 98         | 97            | 92         |
| Чегдомын         | 77              | 75         | 80            | 80         | 92           | 79         | 88            | 78         |
| Николаевск       | 62              | 59         | 73            | 72         | 94           | 92         | 82            | 72         |
| Комсомольск      | 53              | 47         | 77            | 65         | 85           | 84         | 81            | 60         |
| Сов. Гавань      | 74              | 68         | 78            | 76         | 96           | 92         | 94            | 94         |

В целях сокращения объемов табличных материалов соответствующие оценки для инерционного прогноза не приводятся. Отметим только, что чем ниже значения  $P$  (%) для методического прогноза, тем выше степень его успешности в сравнении с инерционным.

Для оценки качества испытываемой методики проводилось сравнение стандартных показателей качества методического и синоптического прогнозов по станции Хабаровск (табл. 4) и районам Хабаровского края (табл. 5).

Таблица 3

Оправдываемость  $P$  (%) оперативных прогнозов минимальной температуры воздуха у земли по комплексному методу (1994—1995 гг.)

|                  | Зима 1994-95 г. |            | Весна 1995 г. |            | Лето 1995 г. |            | Осень 1995 г. |            |
|------------------|-----------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|
|                  | 1—3<br>сут      | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут    | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут   | 4—5<br>сут | 1—3<br>сут    | 4—5<br>сут |
| Хабаровск        | 81              | 71         | 70            | 53         | 82           | 70         | 88            | 67         |
| Тында            | 58              | 42         | 66            | 63         | 78           | 56         | 72            | 62         |
| Зея              | 65              | 55         | 74            | 63         | 70           | 62         | 83            | 70         |
| Благовещенск     | 70              | 58         | 78            | 68         | 73           | 72         | 83            | 72         |
| Облучье          | 67              | 43         | 71            | 50         | 78           | 69         | 79            | 72         |
| Екат.-Никольское | 89              | 64         | 72            | 61         | 86           | 62         | 88            | 83         |
| Нелькан          | 76              | 63         | 81            | 73         | 72           | 66         | 69            | 66         |
| Аян              | 77              | 70         | 78            | 72         | 87           | 80         | 85            | 80         |
| Чегдомын         | 70              | 47         | 98            | 93         | 90           | 78         | 73            | 66         |
| Николаевск       | 61              | 54         | 70            | 73         | 66           | 61         | 77            | 73         |
| Комсомольск      | 78              | 77         | 75            | 57         | 71           | 68         | 86            | 84         |
| Сов. Гавань      | 81              | 82         | 81            | 79         | 79           | 68         | 69            | 69         |

Таблица 4

Сравнение оценок качества прогнозов по станции Хабаровск (заблаговременность 24 ч)

| Сезон года      | $t$ | Прогноз     |      |       |              |      |       |               |      |       |                 |      |       |
|-----------------|-----|-------------|------|-------|--------------|------|-------|---------------|------|-------|-----------------|------|-------|
|                 |     | Инерционный |      |       | Методический |      |       | Синоптический |      |       | B1 (м) + B2 (с) |      |       |
|                 |     | $P$         | $R$  | $ E $ | $P$          | $R$  | $ E $ | $P$           | $R$  | $ E $ | $P$             | $R$  | $ E $ |
| Зима            | min | 45          | 0,51 | 4,8   | 65           | 0,66 | 4,0   | 68            | -1,2 | 3,5   | 75              | 0,74 | 3,3   |
|                 | max | 65          | 0,70 | 3,3   | 86           | 0,90 | 2,1   | 90            | -0,3 | 2,0   | 90              | 0,91 | 1,9   |
| Весна           | min | 64          | 0,89 | 3,2   | 90           | 0,96 | 1,8   | 90            | -0,5 | 2,0   | 92              | 0,95 | 1,8   |
|                 | max | 53          | 0,82 | 4,5   | 72           | 0,92 | 2,9   | 88            | 0,3  | 2,1   | 87              | 0,95 | 1,8   |
| Лето            | min | 86          | 0,62 | 2,1   | 100          | 0,80 | 1,6   | 94            | 0,7  | 1,7   | 100             | 0,80 | 1,6   |
|                 | max | 68          | 0,50 | 3,1   | 96           | 0,80 | 1,5   | 100           | 0,0  | 1,7   | 100             | 0,80 | 1,6   |
| Осень           | min | 87          | 0,59 | 2,7   | 97           | 0,83 | 1,7   | 93            | 0,3  | 1,7   | 100             | 0,89 | 1,4   |
|                 | max | 67          | 0,61 | 2,6   | 100          | 0,93 | 1,5   | 90            | 0,5  | 1,5   | 100             | 0,93 | 1,5   |
| Холодный период | min | 52          | 0,82 | 4,2   | 74           | 0,88 | 3,3   | 76            | -0,7 | 3,1   | 82              | 0,90 | 2,9   |
|                 | max | 64          | 0,83 | 3,6   | 78           | 0,91 | 2,8   | 90            | 0,0  | 1,8   | 89              | 0,95 | 2,0   |

Окончание табл. 4

| Сезон года                  | t   | Прогноз     |      |     |              |      |     |               |      |     |                 |      |     |
|-----------------------------|-----|-------------|------|-----|--------------|------|-----|---------------|------|-----|-----------------|------|-----|
|                             |     | Инерционный |      |     | Методический |      |     | Синоптический |      |     | В1 (м) + В2 (с) |      |     |
|                             |     | P           | R    | E   | P            | R    | E   | P             | R    | E   | P               | R    | E   |
| Теплый период               | min | 78          | 0,89 | 2,7 | 96           | 0,95 | 1,6 | 92            | 0,2  | 1,8 | 97              | 0,95 | 1,6 |
|                             | max | 62          | 0,72 | 3,5 | 92           | 0,92 | 1,7 | 93            | -0,2 | 1,7 | 95              | 0,93 | 1,7 |
| В целом за период испытаний | min | 70          | 0,96 | 3,1 | 89           | 0,98 | 2,1 | 87            | 0,98 | 2,2 | 92              | 0,98 | 2,0 |
|                             | max | 62          | 0,95 | 3,6 | 84           | 0,98 | 2,2 | 92            | 0,99 | 1,8 | 93              | 0,99 | 2,0 |

Примечание. P — оправдываемость (%), R — коэффициент корреляции, |E| — средняя абсолютная ошибка прогноза, В1 (м) + В2 (с) — комплексация методического (для класса В1) и синоптического (для класса В2) прогнозов.

Таблица 5

Сравнение оправдываемости P (%) методического (М) и синоптического (С) прогнозов по районам Хабаровского края (N — число прогнозов)

| Заблаговременность   | t   | Районы |    |     |             |    |     |          |    |     | В среднем |    |     |
|----------------------|-----|--------|----|-----|-------------|----|-----|----------|----|-----|-----------|----|-----|
|                      |     | Южные  |    |     | Центральные |    |     | Северные |    |     |           |    |     |
|                      |     | М      | С  | N   | М           | С  | N   | М        | С  | N   | М         | С  | N   |
| Зима                 |     |        |    |     |             |    |     |          |    |     |           |    |     |
| 24 ч                 | min | 90     | 89 | 46  | 92          | 94 | 33  | 89       | 91 | 57  | 90        | 91 | 136 |
|                      | max | 95     | 94 | 44  | 98          | 95 | 32  | 87       | 91 | 60  | 92        | 93 | 136 |
| 48 ч                 | min | 92     | 85 | 42  | 88          | 86 | 33  | 86       | 94 | 57  | 88        | 89 | 132 |
|                      | max | 97     | 97 | 43  | 98          | 88 | 32  | 88       | 82 | 60  | 93        | 88 | 135 |
| 72 ч                 | min | 96     | 80 | 45  | 93          | 89 | 35  | 92       | 87 | 60  | 94        | 85 | 140 |
|                      | max | 88     | 90 | 45  | 95          | 84 | 31  | 90       | 85 | 60  | 90        | 86 | 137 |
| В среднем за 1—3 сут | min | 92     | 85 | 133 | 92          | 90 | 101 | 89       | 91 | 174 | 91        | 88 | 408 |
|                      | max | 93     | 94 | 132 | 97          | 89 | 95  | 88       | 86 | 180 | 92        | 89 | 408 |
| Весна                |     |        |    |     |             |    |     |          |    |     |           |    |     |
| 24 ч                 | min | 93     | 90 | 105 | 88          | 98 | 68  | 96       | 94 | 117 | 93        | 94 | 290 |
|                      | max | 86     | 92 | 108 | 86          | 88 | 68  | 94       | 95 | 117 | 89        | 92 | 293 |
| 48 ч                 | min | 81     | 84 | 106 | 89          | 88 | 68  | 95       | 92 | 117 | 88        | 88 | 291 |
|                      | max | 90     | 92 | 107 | 88          | 88 | 68  | 96       | 94 | 117 | 92        | 92 | 292 |
| 72 ч                 | min | 84     | 85 | 106 | 82          | 87 | 68  | 94       | 88 | 117 | 88        | 87 | 291 |
|                      | max | 93     | 93 | 107 | 87          | 86 | 67  | 93       | 90 | 116 | 92        | 90 | 290 |

| Заблаговременность             | t   | Районы |    |     |             |    |     |          |     |     | В среднем |    |      |
|--------------------------------|-----|--------|----|-----|-------------|----|-----|----------|-----|-----|-----------|----|------|
|                                |     | Южные  |    |     | Центральные |    |     | Северные |     |     |           |    |      |
|                                |     | М      | С  | N   | М           | С  | N   | М        | С   | N   | М         | С  | N    |
| В среднем за 1—3 сут           | min | 86     | 87 | 317 | 86          | 91 | 204 | 95       | 91  | 351 | 90        | 89 | 872  |
|                                | max | 90     | 92 | 322 | 87          | 87 | 203 | 94       | 93  | 350 | 91        | 91 | 875  |
| Лето                           |     |        |    |     |             |    |     |          |     |     |           |    |      |
| 24 ч                           | min | 96     | 94 | 69  | 97          | 96 | 56  | 98       | 98  | 84  | 97        | 96 | 209  |
|                                | max | 99     | 99 | 71  | 96          | 96 | 57  | 97       | 93  | 84  | 97        | 96 | 212  |
| 48 ч                           | min | 93     | 95 | 68  | 91          | 88 | 58  | 98       | 98  | 84  | 95        | 94 | 210  |
|                                | max | 97     | 95 | 70  | 92          | 84 | 57  | 96       | 93  | 84  | 95        | 91 | 211  |
| 72 ч                           | min | 96     | 90 | 68  | 91          | 85 | 58  | 98       | 100 | 84  | 95        | 95 | 210  |
|                                | max | 97     | 96 | 68  | 90          | 88 | 58  | 93       | 78  | 83  | 94        | 88 | 209  |
| В среднем за 1—3 сут           | min | 95     | 93 | 205 | 93          | 90 | 172 | 98       | 99  | 252 | 95        | 94 | 629  |
|                                | max | 98     | 97 | 209 | 93          | 90 | 172 | 96       | 88  | 251 | 96        | 92 | 632  |
| Осень                          |     |        |    |     |             |    |     |          |     |     |           |    |      |
| 24 ч                           | min | 94     | 96 | 42  | 92          | 92 | 39  | 96       | 96  | 45  | 94        | 96 | 126  |
|                                | max | 96     | 95 | 39  | 96          | 96 | 39  | 97       | 91  | 39  | 97        | 94 | 117  |
| 48 ч                           | min | 84     | 94 | 42  | 94          | 90 | 40  | 96       | 90  | 45  | 95        | 85 | 127  |
|                                | max | 93     | 93 | 38  | 78          | 78 | 37  | 92       | 85  | 39  | 88        | 86 | 114  |
| 72 ч                           | min | 81     | 86 | 42  | 95          | 85 | 40  | 97       | 90  | 45  | 91        | 87 | 127  |
|                                | max | 93     | 94 | 36  | 82          | 82 | 36  | 92       | 81  | 39  | 89        | 86 | 111  |
| В среднем за 1—3 сут           | min | 87     | 92 | 126 | 94          | 89 | 119 | 96       | 92  | 135 | 92        | 91 | 380  |
|                                | max | 94     | 94 | 123 | 86          | 86 | 112 | 94       | 86  | 117 | 91        | 88 | 342  |
| В среднем за период испытаний* |     |        |    |     |             |    |     |          |     |     |           |    |      |
| 24 ч                           | min | 94     | 92 | 262 | 92          | 95 | 196 | 95       | 95  | 303 | 94        | 94 | 761  |
|                                | max | 93     | 95 | 262 | 93          | 93 | 196 | 94       | 93  | 300 | 94        | 94 | 754  |
| 48 ч                           | min | 86     | 89 | 258 | 90          | 88 | 199 | 94       | 94  | 303 | 91        | 91 | 760  |
|                                | max | 93     | 94 | 258 | 89          | 85 | 194 | 94       | 90  | 300 | 93        | 90 | 752  |
| 72 ч                           | min | 89     | 86 | 261 | 89          | 86 | 201 | 95       | 91  | 306 | 91        | 88 | 768  |
|                                | max | 92     | 94 | 256 | 89          | 85 | 192 | 92       | 84  | 298 | 92        | 88 | 746  |
| В среднем за 1—3 сут           | min | 89     | 89 | 781 | 91          | 90 | 596 | 95       | 93  | 912 | 92        | 91 | 2289 |
|                                | max | 93     | 94 | 776 | 90          | 88 | 582 | 93       | 89  | 898 | 93        | 91 | 2252 |

\* 1 января — 15 октября 1995 г.

\* 1 января — 15 октября 1995 г.

Сопоставление оправдываемости методического и синоптического прогнозов по районам Хабаровского края показало, что, как правило,



оправдываемость методического прогноза  $P(M)$  выше оправдываемости синоптического прогноза  $P(C)$  на вторые-третьи сутки и чаще уступает по качеству синоптическому прогнозу на первые сутки. Исключение составляет лето, когда  $P(M) > P(C)$  (рис. 7) по всей территории практически для всех заблаговременностей. Распределение разности  $P(M) - P(C)$  на первые сутки и в среднем за первые—третьи сутки по рассматриваемой территории отражает климатические особенности положения оси ПВФЗ, в окрестности которой, как уже отмечалось, гидродинамические прогнозы вносят наиболее существенные ошибки в оперативные значения предикторов. Сравнение числа ошибочных прогнозов  $K_{\text{ош}}$  (%) при использовании одного и другого способа (табл. 6) при расчете оправдываемости прогноза по территории показывает следующее. Методический прогноз чаще является ошибочным (на 3 % и более по показателю  $K_{\text{ош}}$ ) по сравнению с синоптическим для  $t_{\text{min}}$  на прибрежных станциях зимой; южных и юго-восточных весной и внутриконтинентальных осенью, а для  $t_{\text{max}}$  на северных прибрежных станциях зимой, южных внутриконтинентальных весной и осенью, что объективно обусловлено отсутствием в методическом прогнозе информации о влагосодержании атмосферы.

Методический прогноз имел преимущество в сравнении с синоптическим по показателю  $K_{\text{ош}}$  на 3 % и более для  $t_{\text{экс}}$  на тех станциях и в те периоды года, где и когда вариации влагосодержания нижнего слоя атмосферы сравнительно невелики и мало влияют на формирование прогнозируемых элементов погоды. Распределение разности  $K_{\text{ош}}(C) - K_{\text{ош}}(M)$  представлено на рис. 8, на котором отчетливо прослеживаются районы, где методические прогнозы по качеству преобладают над синоптическими (положительные значения  $\Delta K_{\text{ош}}$ ), и наоборот (отрицательные значения  $\Delta K_{\text{ош}}$ ).

С целью наиболее рационального использования прогностической продукции к модели прилагается методика определения степени надежности получаемых прогнозов, описанная в главе 2. Эта часть схемы не может быть оценена в стандартных количественных характеристиках качества, однако она играет весьма существенную роль для синоптика-прогнозиста, принимающего в конечном итоге решение при формулировке прогноза для потребителя. Так, при выполнении сравнительной оценки качества методического и синоптического прогнозов для станции Хабаровск выделялись области В1, В2 с последующей раздельной оценкой. Приведенные в табл. 4 данные демонстрируют эффективность применения рекомендаций о степени надежности методического прогноза для класса В1 в совокупности с синоптическим прогнозом для класса В2.

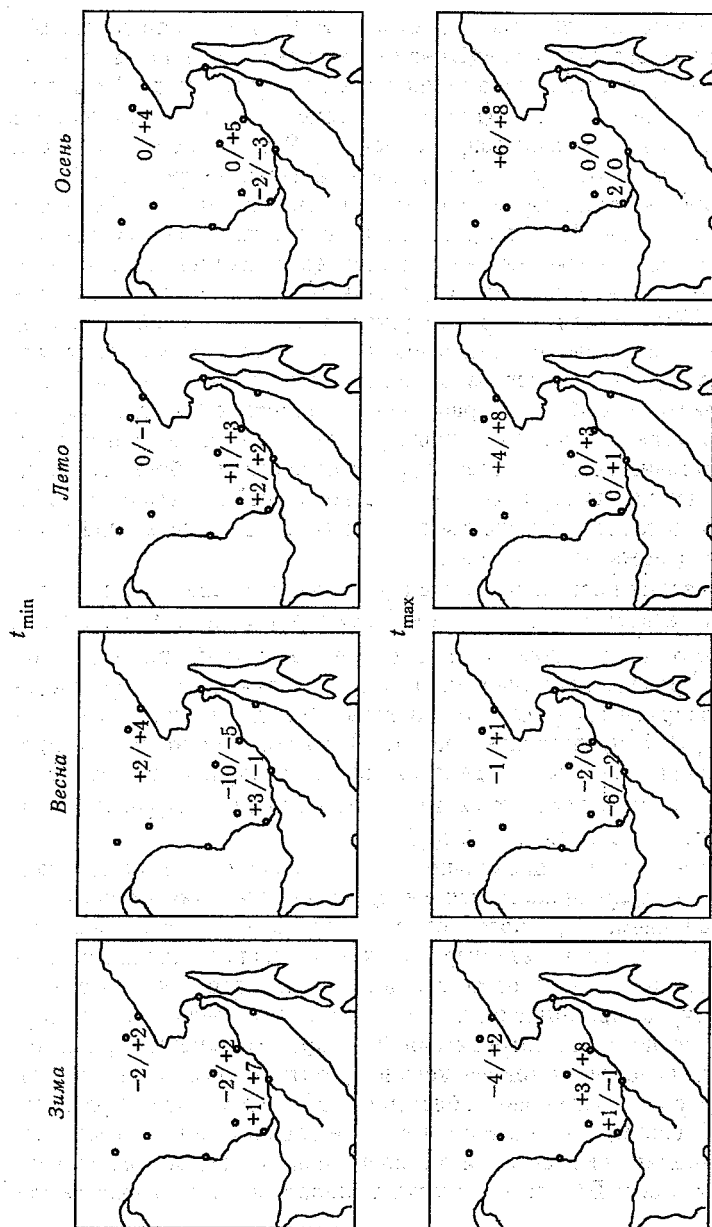


Рис. 7. Распределение разности  $P(M) - P(C)$  для минимальной (*сверху*) и максимальной (*внизу*) температуры по районам Хабаровского края (заблаговременность 24 ч в среднем за 1—3 сут).

Таблица 6

Доля ошибочных прогнозов  $K_{\text{ош}}$  (%) при использовании методического (М) и синоптического (С) способов прогноза экстремальных температур по районам Хабаровского края

| Станция            | <i>t</i> | Зима |    | Весна |    | Лето |    | Осень |    |
|--------------------|----------|------|----|-------|----|------|----|-------|----|
|                    |          | М    | С  | М     | С  | М    | С  | М     | С  |
| Южные районы       |          |      |    |       |    |      |    |       |    |
| Хабаровск          | min      | 4    | 6  | 11    | 6  | 8    | 3  | 18    | 7  |
|                    | max      | 4    | 2  | 6     | 4  | 4    | 5  | 5     | 8  |
| Облучье            | min      | 16   | 24 | 18    | 25 | 6    | 13 | 20    | 16 |
|                    | max      | 8    | 8  | 3     | 8  | 6    | 6  | 13    | 8  |
| Екат.-Никольское   | min      | 8    | 16 | 13    | 10 | 5    | 4  | 11    | 7  |
|                    | max      | 13   | 13 | 13    | 11 | 1    | 2  | 3     | —  |
| Центральные районы |          |      |    |       |    |      |    |       |    |
| Чегдомын           | min      | 5    | 12 | —     | —  | 4    | 4  | 11    | 7  |
|                    | max      | 5    | 7  | 1     | —  | 7    | 5  | 13    | 15 |
| Комсомольск        | min      | 8    | 8  | 14    | 6  | 7    | 11 | 11    | 9  |
|                    | max      | 2    | 5  | 16    | 6  | 5    | 12 | 3     | 10 |
| Сов. Гавань        | min      | 20   | 8  | 16    | 15 | 3    | 8  | 2     | 18 |
|                    | max      | 5    | 12 | 12    | 21 | 8    | 12 | 26    | 20 |
| Северные районы    |          |      |    |       |    |      |    |       |    |
| Нелькан            | min      | 12   | 19 | 8     | 21 | 6    | 4  | 9     | 7  |
|                    | max      | 17   | 37 | 7     | 11 | 4    | 6  | 13    | 28 |
| Аян                | min      | 19   | 4  | 5     | 6  | 3    | 0  | 9     | 16 |
|                    | max      | 10   | 4  | 11    | 10 | 12   | 14 | 0     | 3  |
| Николаевск         | min      | 10   | 5  | 6     | 4  | 0    | 1  | 4     | 13 |
|                    | max      | 10   | 5  | 5     | 7  | 0    | 2  | 8     | 18 |

Примечание.  $K_{\text{ош}} = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_{\text{ош}}(i)}{N} \cdot 100 \%$ , где  $\tau_{\text{ош}}(i)$  — число дат, для которых фактическое значение  $t_{\text{экс}}$  на  $i$ -й станции не попало в 100 %-ный интервал оправдываемости для прогностических градаций;  $N$  — общее число испытываемых значений  $t_{\text{экс}}$ ;  $k$  — число станций, по которым оценивался прогноз.

Результаты испытаний рассматривались на Научно-техническом овете Дальневосточного УГМС 24 мая 1996 г., решением которого методика и технологическая линия прогноза экстремальных и среднесуточных температур воздуха у земли на 5 сут с детализацией по дням была внедрена в оперативную практику Дальневосточного УГМС.

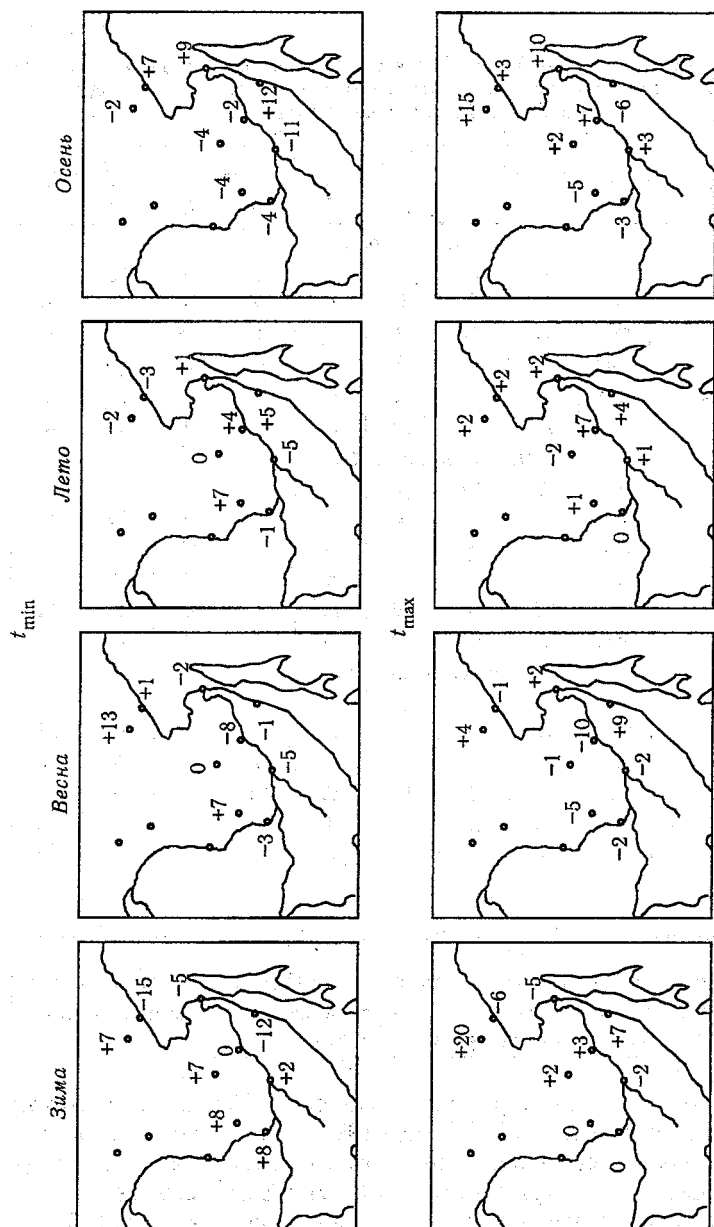


Рис. 8. Распределение разности  $K_{\text{отн}}(C) - K_{\text{отн}}(M)$  при прогнозе минимальной (*сверху*) и максимальной (*снизу*) температуры по станции Уболовского вод.

## 4. МЕТОДИКА ПРОГНОЗА СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА

### 4.1. Описание методики

Следует отметить, что представленная ниже методика является первым отечественным опытом прогнозирования скорости  $f_0$  и направления  $d_0$  приземного ветра на средние сроки с детализацией по дням, основанном на статистической интерпретации гидродинамического прогноза (СИГП) ЕЦСПП. Имевшиеся на момент начала этой работы методы прогноза скорости и направления приземного ветра, основанные на технологии СИГП, использовали продукцию гидродинамических моделей атмосферы, дающих гораздо более обширную информационную базу, в частности, в плане параметризации пограничного слоя [0, 45, 89, 94, 111]. При этом заблаговременность прогнозов не превышала 36 ч. Попытки использования эмпирических зависимостей скорости приземного ветра от градиента поля приземного давления дали весьма скромные результаты (см., например, [35, 61] для Дальневосточного региона).

В описываемой методике прогноз скорости  $f_0$  и направления  $d_0$  приземного ветра рассчитывается по модели 6 с непрерывной аппроксимацией предиктантов на исходной выборке. В качестве предиктантов используются тенденции зонального и меридионального компонентов скорости ветра от даты исходного дня к дате прогноза:

$$x_u = \Delta u_0(\tau) = u_0(\tau) - u_0(\tau - 1), \quad x_v = \Delta v_0(\tau) = v_0(\tau) - v_0(\tau - 1), \quad (4.1)$$

Расчет прогностических значений  $f_0$ ,  $d_0$  осуществляется по формулам:

$$f_0(\tau) = \sqrt{u_0^2(\tau) + v_0^2(\tau)}, \quad (4.2)$$

$$d_0(\tau) = \begin{cases} 0^\circ, & \text{при } f_0(\tau) = 0, \\ 180^\circ \cdot \frac{\alpha}{\pi}, & \text{при } \alpha \geq 0, \\ 360^\circ + 180^\circ \cdot \frac{\alpha}{\pi}, & \text{при } \alpha < 0, \end{cases} \quad (4.3)$$

где  $\alpha = \operatorname{arctg} \{u_0(\tau)/v_0(\tau)\}$  (радианы),

$$u_0(\tau) = u_0(\tau - 1) + \Delta u_0(\tau), \quad v_0(\tau) = v_0(\tau - 1) + \Delta v_0(\tau). \quad (4.4)$$

Особенностью метода является процедура деформации корреляционной матрицы  $R(j, i)$  при расчете коэффициентов уравнения регрессии  $\{A_i\}$ , которая заключается в умножении всех внедиагональных элементов матрицы  $R(j, i)$  на некоторое наперед заданное число  $0 \leq x \leq 1$ . При  $x = 0$  все недиагональные элементы матрицы парных корреляций  $R(j, i)$  зануляются, что соответствует предположению об априорной линейной независимости выбранных предикторов. При  $x = 1$  матрица  $R(j, i)$  не меняется.

Вообще говоря, возможность применения этой процедуры предусмотрена для прогноза всех элементов погоды. Значение  $x$  является внешним параметром управляющей программы. Однако деформация матрицы  $R(j, i)$  используется только при прогнозировании приземного ветра. Такой подход обусловлен низкой информативностью используемых предикторов, связанной с информационной недостаточностью имеющейся базы данных (отсутствие параметризации пограничного слоя), особенно, для описания резких усиления ветра. Свойство занижения скорости сильных ветров всегда являлось недостатком объективных методов прогноза приземного ветра [45, 89]. Так, например, в системе объективного краткосрочного прогноза явлений и элементов погоды США [67] этот недостаток частично устраняется преобразованием

$$\bar{f}_0 = \frac{f_0 - \bar{f}_0}{r} + \bar{f}_0 = \frac{1}{r} f_0 + \bar{f}_0 \left(1 - \frac{1}{r}\right), \quad (4.5)$$

где  $f_0$  — первоначально рассчитанная скорость,  $\bar{f}_0$  — средняя скорость по данным исходной выборки,  $r$  — коэффициент множественной корреляции предиктанта с предикторами в прогностическом уравнении,  $\bar{f}_0$  — новая прогнозируемая величина. Очевидно, применение (4.5) возможно только в случаях, когда  $f_0(\tau) \geq \bar{f}_0(1 - r)$ .

Вышеприведенные обстоятельства в совокупности с малой дисперсией предиктантов в сравнении с дисперсией предикторов обуславливали слабую реакцию стандартной модели на изменения оперативных значений рабочих предикторов. Искусственное зануление внедиагональных элементов корреляционной матрицы равносильно предположению об априорной независимости предикторов, отобранных в результате работы алгоритма. Тогда для нормированных рядов имеем

$$A_i = r(x, y_i) = \max\{A_i \text{ для всех } i \neq m r(y_i, y_m)\}, \quad (4.6)$$

е. коэффициент вклада  $A_i$  предиктора  $y_i$  полагается максимально возможным при любых уровнях корреляционной связи  $r(y_i, y_m) \leq UR$  между рабочими предикторами.

Следует отметить, что описанный прием является искусственным. Он не имеет под собой какой-либо теоретической основы, кроме соотношения (4.6). Возможность применения такого приема основана исключительно на интуиции автора и подкреплена результатами авторских и оперативных испытаний. Испытания показали, что такой прием позволяет частично улавливать резкое увеличение или уменьшение скорости приземного ветра и положительно сказывается на прогнозе направления ( $d_0$ ) для слабых ветров (до 6 м/с), хотя и приводит к некоторому увеличению абсолютной ошибки прогноза  $f_0$ . Применение описанной процедуры, которая при  $x = 0$  сводится к простому присвоению значения  $r(x, y_i)$  к  $A_i$ , после нормировки  $\{x, y_i\}$ ,  $i = 1, k$ , где  $k$  — число предикторов, рекомендуется пробовать в случаях, когда наблюдается низкая информативность имеющейся базы данных и малое значение дисперсии предиктанта в сравнении с дисперсией рабочих или потенциальных предикторов.

## 4.2. Результаты оперативно-производственных испытаний для станций Амурской области и Хабаровского края

Испытания метода прогноза скорости ( $f_0$ ) и направления ( $d_0$ ) приземного ветра проводились в Дальневосточном УГМС в период с января по май 1995 г. Прогнозы составлялись по 12 станциям Амурской области и Хабаровского края (см. рис. 2). В качестве прогнозируемых величин использовались значения  $f_0$  и  $d_0$  на 22 ч местного времени соответственно сроку прогностических полей, ЕЦСПП, поскольку эти прогнозы предполагалось использовать как вспомогательные в методе прогноза экстремальных температур.

Для оценки качества прогнозов рассчитывались значения оправданности  $P$  (%) и средней абсолютной погрешности  $E$  прогнозов согласно [64] и [58]. Кроме того, рассчитывалась повторяемость абсолютных ошибок прогноза в пределах заданных градаций. Качество методических прогнозов сравнивалось с качеством инерционных прогнозов. Перечисленные характеристики для 12 станций Амурской области и Хабаровского края приведены в табл. 7—10.

Таблица 7

Оценки качества прогноза скорости ( $f_0$ ) приземного ветра

| Станция          | Прогноз | Заблаговременность |     |        |     |        |     |        |     |        |     |
|------------------|---------|--------------------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
|                  |         | 24 ч               |     | 48 ч   |     | 72 ч   |     | 96 ч   |     | 120 ч  |     |
|                  |         | $P \%$             | $E$ | $P \%$ | $E$ | $P \%$ | $E$ | $P \%$ | $E$ | $P \%$ | $E$ |
| Хабаровск        | М       | 90,0               | 1,6 | 88,0   | 1,6 | 88,0   | 1,4 | 87,0   | 1,5 | 86,0   | 1,8 |
|                  | И       | 73,0               | 3,0 | 75,0   | 2,6 | 76,0   | 2,5 | 78,0   | 2,3 | 77,0   | 2,6 |
| Тында            | М       | 100,0              | 1,2 | 100,0  | 1,1 | 99,0   | 1,1 | 99,0   | 1,1 | 99,0   | 1,1 |
|                  | И       | 98,0               | 1,4 | 98,0   | 1,4 | 97,0   | 1,5 | 96,0   | 1,5 | 96,0   | 1,6 |
| Зея              | М       | 98,0               | 1,3 | 99,0   | 1,2 | 98,0   | 1,4 | 98,0   | 1,4 | 98,0   | 1,3 |
|                  | И       | 98,0               | 1,6 | 97,0   | 1,5 | 97,0   | 1,4 | 98,0   | 1,6 | 97,0   | 1,3 |
| Благовещенск     | М       | 98,0               | 1,3 | 99,0   | 1,3 | 100,0  | 1,5 | 98,0   | 1,4 | 97,0   | 1,6 |
|                  | И       | 98,0               | 1,5 | 95,0   | 1,6 | 96,0   | 1,7 | 97,0   | 1,6 | 94,0   | 1,8 |
| Облучье          | М       | 98,0               | 1,6 | 99,0   | 1,6 | 98,0   | 1,8 | 98,0   | 1,6 | 97,0   | 1,6 |
|                  | И       | 95,0               | 1,2 | 96,0   | 1,2 | 98,0   | 1,5 | 98,0   | 1,3 | 96,0   | 1,4 |
| Екат.-Никольское | М       | 94,0               | 1,4 | 95,0   | 1,3 | 96,0   | 1,3 | 96,0   | 1,2 | 94,0   | 1,4 |
|                  | И       | 90,0               | 2,0 | 90,0   | 1,9 | 92,0   | 1,8 | 93,0   | 1,8 | 89,0   | 2,0 |
| Нелькан          | М       | 100,0              | 1,3 | 100,0  | 1,4 | 100,0  | 1,4 | 100,0  | 1,6 | 100,0  | 1,5 |
|                  | И       | 98,0               | 1,5 | 98,0   | 1,5 | 97,0   | 1,5 | 96,0   | 1,4 | 91,0   | 2,1 |
| Аян              | М       | 96,0               | 1,1 | 97,0   | 1,1 | 96,0   | 1,1 | 95,0   | 1,4 | 95,0   | 1,4 |
|                  | И       | 95,0               | 1,2 | 96,0   | 1,3 | 95,0   | 1,4 | 94,0   | 1,6 | 91,0   | 2,1 |
| Чегдомын         | М       | 100,0              | 0,1 | 100,0  | 0,1 | 100,0  | 0,2 | 100,0  | 0,3 | 100,0  | 0,3 |
|                  | И       | 100,0              | 0,4 | 100,0  | 0,6 | 100,0  | 0,5 | 100,0  | 0,6 | 100,0  | 0,4 |
| Николаевск       | М       | 89,0               | 1,3 | 89,0   | 1,4 | 90,0   | 1,6 | 92,0   | 1,5 | 89,0   | 1,6 |
|                  | И       | 76,0               | 2,1 | 75,0   | 2,2 | 76,0   | 2,3 | 76,0   | 2,1 | 78,0   | 2,2 |
| Комсомольск      | М       | 91,0               | 2,2 | 88,0   | 2,0 | 92,0   | 1,9 | 87,0   | 2,1 | 8,0    | 2,2 |
|                  | И       | 65,0               | 3,2 | 72,0   | 3,1 | 71,0   | 3,1 | 69,0   | 3,3 | 70,0   | 3,5 |
| Сов. Гавань      | М       | 96,0               | 1,2 | 97,0   | 1,6 | 98,0   | 1,1 | 96,0   | 1,2 | 96,0   | 1,3 |
|                  | И       | 91,0               | 1,6 | 94,0   | 1,8 | 89,0   | 1,7 | 90,0   | 1,8 | 90,0   | 1,7 |

Примечание. М — методический прогноз, И — инерционный прогноз,  $P$  — среднесезонная оправдываемость прогнозов,  $E$  — средняя абсолютная ошибка прогнозов, „—“ — штиль.



Таблица 8

Оценки качества прогноза направления ( $d_0$ ) приземного ветра

| Станция          | Прогноз | Заблаговременность |     |       |     |       |     |       |     |       |     |
|------------------|---------|--------------------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|                  |         | 24 ч               |     | 48 ч  |     | 72 ч  |     | 96 ч  |     | 120 ч |     |
|                  |         | P %                | E   | P %   | E   | P %   | E   | P %   | E   | P %   | E   |
| Кабаровск        | М       | 92,0               | 32  | 90,0  | 40  | 91,0  | 41  | 93,0  | 37  | 87,0  | 40  |
|                  | И       | 81,0               | 65  | 86,0  | 73  | 84,0  | 82  | 83,0  | 80  | 78,0  | 82  |
| Гында            | М       | 99,0               | 18  | 100,0 | 21  | 97,0  | 45  | 96,0  | 56  | 98,0  | 57  |
|                  | И       | 97,0               | 32  | 100,0 | 22  | 95,0  | 56  | 96,0  | 63  | 97,0  | 65  |
| Зая              | М       | 99,0               | 28  | 98,0  | 36  | 95,0  | 53  | 95,0  | 43  | 97,0  | 62  |
|                  | И       | 98,0               | 30  | 94,0  | 64  | 92,0  | 82  | 98,0  | 57  | 97,0  | 38  |
| Злаговещенск     | М       | 95,0               | 42  | 97,0  | 40  | 95,0  | 42  | 94,0  | 50  | 92,0  | 62  |
|                  | И       | 88,0               | 87  | 89,0  | 102 | 91,0  | 102 | 91,0  | 62  | 91,0  | 38  |
| Облучье          | М       | 97,0               | 68  | 98,0  | 56  | 95,0  | 77  | 93,0  | 75  | 94,0  | 69  |
|                  | И       | 95,0               | 100 | 95,0  | 120 | 96,0  | 83  | 95,0  | 96  | 94,0  | 99  |
| Экат.-Никольское | М       | 96,0               | 40  | 98,0  | 31  | 98,0  | 28  | 98,0  | 18  | 100,0 | 18  |
|                  | И       | 96,0               | 47  | 97,0  | 43  | 94,0  | 42  | 98,0  | 25  | 100,0 | 25  |
| Челькан          | М       | 96,0               | 93  | 95,0  | 98  | 94,0  | 81  | 94,0  | 87  | 96,0  | 74  |
|                  | И       | 95,0               | 131 | 93,0  | 98  | 95,0  | 82  | 95,0  | 87  | 96,0  | 108 |
| Аян              | М       | 100,0              | 10  | 98,0  | 33  | 98,0  | 48  | 96,0  | 45  | 98,0  | 42  |
|                  | И       | 95,0               | 64  | 94,0  | 110 | 95,0  | 85  | 94,0  | 58  | 91,0  | 85  |
| Чегдомын         | М       | 100,0              | 0   | 100,0 | 0   | 100,0 | —   | 100,0 | —   | 100,0 | —   |
|                  | И       | 100,0              | 0   | 100,0 | 25  | 100,0 | —   | 100,0 | —   | 100,0 | —   |
| Николаевск       | М       | 92,0               | 35  | 94,0  | 30  | 95,0  | 30  | 92,0  | 32  | 92,0  | 31  |
|                  | И       | 84,0               | 62  | 86,0  | 58  | 86,0  | 75  | 86,0  | 66  | 83,0  | 72  |
| Комсомольск      | М       | 94,0               | 43  | 91,0  | 49  | 92,0  | 52  | 88,0  | 53  | 90,0  | 44  |
|                  | И       | 80,0               | 89  | 87,0  | 88  | 85,0  | 89  | 78,0  | 101 | 80,0  | 83  |
| Сов. Гавань      | М       | 97,0               | 41  | 97,0  | 48  | 98,0  | 67  | 97,0  | 56  | 97,0  | 54  |
|                  | И       | 95,0               | 58  | 94,0  | 92  | 97,0  | 48  | 95,0  | 88  | 92,0  | 94  |

Примечание. Усл. обозначения см. табл. 7.

Таблица 5

Повторяемость ошибок ( $E$ ) прогноза скорости ветра ( $f_0$ ) в пределах заданных градаций (в % от общего числа прогнозов)

| Станция          | Градация скорости ветра, м/с |      |       |     |                         |      |       |     |
|------------------|------------------------------|------|-------|-----|-------------------------|------|-------|-----|
|                  | 0—5                          | 6—10 | 11—20 | >20 | 0—5                     | 6—10 | 11—20 | >20 |
|                  | Заблаговременность 24 ч      |      |       |     | Заблаговременность 48 ч |      |       |     |
| Хабаровск        | 93                           | 5    | —     | 2   | 96                      | 2    | —     | 2   |
| Тында            | 100                          | —    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Зея              | 99                           | 1    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Благовещенск     | 100                          | —    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Облучье          | 98                           | 2    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Екат.-Никольское | 96                           | 4    | —     | —   | 97                      | 3    | —     | —   |
| Нелькан          | 100                          | —    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Аян              | 98                           | 2    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Чегдомын         | 100                          | —    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Николаевск       | 94                           | 5    | —     | 1   | 98                      | 2    | —     | —   |
| Комсомольск      | 92                           | 8    | —     | —   | 96                      | 4    | —     | —   |
| Сов. Гавань      | 98                           | 2    | —     | —   | 98                      | 2    | —     | —   |
|                  | Заблаговременность 72 ч      |      |       |     | Заблаговременность 96 ч |      |       |     |
| Хабаровск        | 94                           | 5    | —     | 1   | 95                      | 4    | —     | 1   |
| Тында            | 99                           | 1    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Зея              | 99                           | 1    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Благовещенск     | 99                           | 1    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Облучье          | 98                           | 2    | —     | —   | 98                      | 2    | —     | —   |
| Екат.-Никольское | 99                           | 1    | —     | —   | 98                      | 2    | —     | —   |
| Нелькан          | 99                           | 1    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Аян              | 98                           | 2    | —     | —   | 99                      | 1    | —     | —   |
| Чегдомын         | 100                          | —    | —     | —   | 100                     | —    | —     | —   |
| Николаевск       | 97                           | 3    | —     | —   | 98                      | 2    | —     | —   |
| Комсомольск      | 99                           | 1    | —     | —   | 97                      | 3    | —     | —   |
| Сов. Гавань      | 99                           | 1    | —     | —   | 98                      | 2    | —     | —   |

Таблица 10

Повторяемость ошибок ( $E$ ) в прогнозе направления ветра ( $d_0$ ) в пределах заданных градаций (в % от общего числа прогнозов)

| Станция                 | Градация направления ветра, град. |      |       |       |                         |       |      |       |       |     |
|-------------------------|-----------------------------------|------|-------|-------|-------------------------|-------|------|-------|-------|-----|
|                         | Штиль                             | 0—40 | 41—60 | 61—90 | >90                     | Штиль | 0—40 | 41—60 | 61—90 | >90 |
| Заблаговременность 24 ч |                                   |      |       |       | Заблаговременность 48 ч |       |      |       |       |     |
| Кабаровск               | 64                                | 22   | 2     | 4     | 8                       | 69    | 15   | 3     | 2     | 11  |
| Ында                    | 92                                | 7    | 1     | —     | —                       | 92    | 8    | —     | —     | —   |
| ея                      | 91                                | 9    | 0     | —     | —                       | 92    | 6    | 1     | —     | —   |
| лаговещенск             | 85                                | 10   | 3     | —     | 2                       | 90    | 7    | 1     | 2     | —   |
| Облучье                 | 94                                | 2    | —     | —     | 4                       | 95    | 2    | —     | —     | 3   |
| кат-Никольское          | 85                                | 10   | 1     | 3     | 1                       | 89    | 10   | 1     | —     | —   |
| елькан                  | 93                                | 2    | 1     | —     | 4                       | 92    | 3    | —     | —     | 5   |
| ян                      | 83                                | 17   | —     | —     | —                       | 81    | 18   | 1     | —     | —   |
| егдомын                 | 99                                | 1    | —     | —     | —                       | 99    | 1    | —     | —     | —   |
| иколаевск               | 61                                | 26   | 3     | 6     | 2                       | 70    | 22   | 2     | 5     | 1   |
| омсомольск              | 66                                | 21   | —     | 2     | 11                      | 72    | 20   | —     | —     | 8   |
| ов. Гавань              | 87                                | 9    | 2     | 1     | 1                       | 90    | 5    | 1     | 2     | 2   |
| Заблаговременность 72 ч |                                   |      |       |       | Заблаговременность 96 ч |       |      |       |       |     |
| Кабаровск               | 70                                | 16   | 2     | —     | 12                      | 68    | 21   | 5     | —     | 6   |
| Ында                    | 88                                | 8    | 1     | 1     | 1                       | 90    | 6    | 1     | 1     | 2   |
| ея                      | 89                                | 5    | 5     | 2     | 1                       | 89    | 6    | 2     | 2     | 1   |
| лаговещенск             | 86                                | 7    | 6     | 1     | 1                       | 87    | 9    | 2     | 1     | 2   |
| Облучье                 | 93                                | 1    | —     | —     | 6                       | 92    | 1    | —     | —     | 7   |
| кат-Никольское          | 86                                | 13   | —     | 1     | —                       | 86    | 12   | 2     | —     | —   |
| елькан                  | 92                                | 4    | —     | —     | 4                       | 89    | 7    | —     | 1     | 3   |
| ян                      | 81                                | 18   | 1     | —     | 1                       | 83    | 15   | —     | —     | 2   |
| егдомын                 | 100                               | —    | —     | —     | —                       | 100   | —    | —     | —     | —   |
| иколаевск               | 74                                | 16   | 6     | 2     | 1                       | 70    | 22   | 2     | 6     | —   |
| омсомольск              | 70                                | 20   | —     | —     | 8                       | 64    | 24   | —     | 1     | 12  |
| ов. Гавань              | 93                                | 5    | —     | 1     | 1                       | 88    | 10   | 1     | 1     | 1   |

Анализ оценок показывает, что на станциях Тында, Зея, Облучье, Нелькан, Чегдомын наблюдалось преобладание штилей ( $f \leq 4$  м/с). Это явилось причиной высоких значений оправдываемости прогноза на перечисленных станциях, тогда как средняя абсолютная ошибка прогноза направления ветра, особенно для станций Облучье и Нелькан, велика. Наиболее низкая повторяемость штилей наблюдалась на станциях Хабаровск (64—70 %); Николаевск-на-Амуре (61—74 %) и Комсомольск-на-Амуре (64—72 %), т. е. на станциях, расположенных по долине реки Амур. Оправдываемость и средняя абсолютная ошибка прогноза скорости ветра на этих станциях вполне удовлетворительные. Хорошо прогнозируется направление ветра на станции Николаевск-на-Амуре ( $\max E(d_0) = 35$  м/с), хуже — на станциях Комсомольск-на-Амуре и Хабаровск.

К недостаткам метода следует отнести тот факт, что он не улавливает резких кратковременных колебаний скорости ветра (более 10—15 м/с за сутки), хотя при этом направление ветра прогнозируется как правило, верно. Это связано с малой повторяемостью резких колебаний прогнозируемой величины, что не позволяет набрать достаточную статистику для прогноза таких колебаний из имеющегося архива.

Результаты испытаний рассматривались на заседании Научно-технического совета Дальневосточного УГМС в мае 1995 г., на котором было отмечено, что метод может применяться в прогностических подразделениях Дальневосточного УГМС в качестве консультативного. Использование прогностических значений приземного ветра, рассчитываемых по описанной методике, в качестве предикторов в методе прогноза экстремальных температур повышает качество прогнозов  $t_{\text{ЭК}}$  на 1—3 %.

## 5. МЕТОД ПРОГНОЗА НАЛИЧИЯ И КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ

Метод прогноза наличия и количества осадков на 5 сут с детализацией по дням для станций Дальневосточного региона России разработан впервые. Хотя методика прогнозирования осадков, описанная в [3, 62], формально охватывает все регионы Российской Федерации и прилегающие к ней территории, оправдываемость поступающих из Гидрометцентра России прогнозов для станций Дальневосточного региона ниже оправдываемости инерционного прогноза [63]. При этом, согласно результатам анализа, проведенного автором на весьма обширном массиве данных наблюдений, в качестве контрольного для рассматриваемой территории следует использовать прогноз „без осадков” ( $6/0$ ). Обозначим оправдываемость такого прогноза  $P(6/0)$ . Для станций мурманской области и Хабаровского края  $P(6/0)$ , как правило, существенно превышает оправдываемость инерционного прогноза для суточных и полусуточных сумм осадков. В то же время поскольку по приведенным автором оценкам оправдываемость прогнозов Гидрометцентра России меньше  $P(6/0)$  примерно в 1,5—2 раза, то говорить о наличии метода прогноза осадков на средние сроки с детализацией по дням для рассматриваемой территории не имеет смысла.

Ввиду того что годовой ход осадков на Дальнем Востоке имеет ярко выраженный максимум в летние месяцы (июль—август), в работах по прогнозированию осадков в этом регионе до настоящего времени рассматривалось в основном теплое полугодие [12, 50—52, 69—71, 86, 96, 98]. При этом подавляющее большинство исследований относится к прогнозу осадков в Приморском крае. Для остальной же территории этого региона такого рода работ не много. Так, например, имеются методы предсказания суммарного за пятидневку количества осадков [98] на основе комплексного синоптико-гидродинамико-статистического метода прогноза погоды на 5—10 сут, синоптико-статистический метод краткосрочного (до 36 ч) прогноза сильных ливней для южных районов Хабаровского края и Восточной Сибири [50], альтернативный прогноз наличия осадков для территории о. Сахалин с заблаговременностью до 3 ч [56]. Среднесрочным прогнозам аномалий пентадных и декадных сумм осадков для станций Дальневосточного региона России на основе

синоптико-статистического метода посвящен ряд работ Р. Э. Свинуховой, подробный обзор которых приведен в [83].

В последнее десятилетие работы по развитию методов прогноза осадков для Дальнего Востока России носили преимущественно специализированный характер. Это, например, прогноз сильных и очень сильных осадков (СГЯ) с заблаговременностью от 3 сут В. П. Тунеголова [96, 97], специализированные прогнозы месячных сумм осадков для нужд сельского хозяйства Приморского края Н. М. Пестеревой [68, 69].

В связи с успешным развитием гидродинамических прогнозов полей метеозлементов на сроки до 5—10 сут стала возможной разработка методов прогноза осадков до 5 сут с детализацией по дням. Кроме упомянутой модели Гидрометцентра России [23, 62], существует и развивается действующая модель САНИИ [106, 107]. Методика прогноза суточного и полусуточного количества осадков по дням пятидневки для южной части Урала и Западной Сибири в холодное полугодие разработана и функционирует в ЗапСибНИИ [102, 103]. Работы этого направления проводились также в Казахском НИГМИ и Ленинградском гидрометцентре [94].

В заключение этого краткого обзора следует отметить, что все имеющиеся на сегодняшний день методы прогноза наличия и количества суточных и полусуточных сумм осадков, независимо от применяемого подхода (синоптического, статистического, физико-статистического, гидродинамического), предназначены для прогноза осадков, осредненных по некоторой (весьма обширной) территории, и осуществляются в два этапа. На первом этапе по какому-либо дискриминантному правилу, объективному или субъективному, дается альтернативный прогноз наличия осадков или высокой вероятности выпадения осадков. Если прогнозируется отсутствие осадков или малая их вероятность, то процесс прогнозирования на этом завершается. Если же на первом этапе прогнозируется наличие осадков, то переходят ко второму этапу прогноза — расчету их количества.

Следует отметить, что предлагаемый метод принципиально отличается в этом плане от всех существующих к настоящему времени. Во-первых, метод предназначен для прогноза осадков в пункте (на станции). Во-вторых, он построен как прогноз количества осадков, распределенных по грациям согласно [64]. Отсутствие осадков рассматривается как одна из граций (градация 1 — 6/0) (табл. 11). И наконец, метод предполагает три обязательных этапа: 1) расчет количества осадков, 2) определение градации, 3) согласование граций суточных и полусуточных сумм осадков.

Таблица 11

**Определение градаций и функционала оправдываемости для прогноза полусуточных сумм осадков: фактическое количество осадков (мм/12 ч), соответствующее трем значениям оправдываемости (0, 50, 100 %)**

| п/п | Прогноз              | Оправдываемость, %               |                |                           |                          |                 |                           |
|-----|----------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
|     |                      | 100                              | 50             | 0                         | 100                      | 50              | 0                         |
|     |                      | <i>Жидкие и смешанные осадки</i> |                |                           | <i>Твердые осадки</i>    |                 |                           |
| 1   | Без осадков (б/о)    | $\leq 0,3$                       | 0,4—0,5        | $\geq 0,6$                | $\leq 0,2$               | 0,3—0,4         | $\geq 0,5$                |
| 2   | Слабые осадки        | 0,0—3,0,<br>но не<br>б/о         | 4—9            | 10 или<br>б/о             | 0,0—2,0,<br>но не<br>б/о | 3—6             | 7<br>и б/о                |
| 3   | Умеренные осадки     | 4—14                             | 1—3 и<br>15—29 | $\leq 0,5$ и<br>$\geq 30$ | 3—6                      | 0,3—2 и<br>7—14 | $\geq 15$ и<br>$\leq 0,2$ |
| 4   | Сильные осадки       | 15—49                            | 4—14           | $\leq 3$ и<br>$\geq 50$   | 7—19                     | 3—6             | $\leq 2$ и<br>$\geq 20$   |
| 5   | Очень сильные осадки | $\geq 35$                        | —              | $< 35$                    | $\geq 15$                | —               | $< 15$                    |

## 5.1. Описание метода

Представляемый в данной работе метод предназначен для прогноза суточных  $QS(\tau)$  и полусуточных ( $QN(\tau)$  ночные,  $QD(\tau)$  дневные) сумм осадков в заданном пункте прогноза. Конкретное числовое содержание перечисленных параметров приведено в приложении 3.

Прогноз осуществляется в три последовательных этапа. На первом этапе производится независимый расчет количества полусуточных (ночь, день) и суточных сумм осадков. На втором этапе определяются тип текущей ситуации и номер градации, в которую попадают рассчитанные значения количества осадков. Для идентификации градации б/о значения  $QS(\tau)$ ,  $QN(\tau)$ ,  $QD(\tau)$  сравниваются с заранее определенными дискриминантными уровнями. На третьем этапе проводится согласование градаций суточных и полусуточных сумм осадков. При этом согласование существенно опирается на анализ вероятностей выпадения осадков рассчитанной градации для текущего типа ситуации, однако окончательный прогноз формулируется в миллиметрах прогнозируемых осадков и категоричной форме.

Методика расчета дискриминантных уровней и процесс согласования (решающее правило) построены так, что  $P(б/о)$  является нижней границей оправдываемости методического прогноза  $P_m$ . В дальнейшем при описании метода вместо слов „отсутствие осадков” или „градация б/о” для удобства изложения будем употреблять иногда термин „осадки в количестве -1” или просто  $Q = -1$ . Числом „-1” кодируется отсутствие осадков в архиве. Этот же код используется и в программе прогноза, и в таблицах с выходной информацией. При употреблении обозначения  $Q$  без уточнения ( $QN, QD, QS$ ) подразумевается, что текущие рассуждения относятся в равной степени к любой из прогнозируемых характеристик.

### 5.1.1. Расчет количества осадков

На первом шаге прогноза рассчитывается количество осадков

$$QN(\tau), QD(\tau), QS(\tau). \quad (5.1)$$

Перечисленные характеристики используются в качестве предиктантов при построении уравнений регрессии. Уравнения регрессии строятся отдельно для каждой из характеристик (5.1) по описанному в главе 2 алгоритму. Рабочие выборки строятся из исходных ( $\tau \pm 15$  сут) с условием  $Q \geq 0$ . Таким образом, для расчета  $QN, QD, QS$  используется аппроксимация предиктантов непрерывной функцией на выборках с исходным временным интервалом, составленных только из тех архивных дат, для которых предиктант имеет неотрицательное значение:

$$\begin{aligned} QN(\tau_j) &\geq 0 \text{ для расчета } QN(\tau), \\ QD(\tau_j) &\geq 0 \text{ для расчета } QD(\tau), \\ QS(\tau_j) &\geq 0 \text{ для расчета } QS(\tau). \end{aligned} \quad (5.2)$$

Следует заметить, что рассчитанные таким образом значения предиктантов могут быть любыми, в том числе и отрицательными. Смысл этого шага прогноза заключается в количественной оценке (выраженной в миллиметрах осадков) потенциальной возможности формирования осадков атмосферой с текущими спрогнозированными по ГДМА параметрами при условии, что текущее значение влагосодержания воздушной массы близко к среднему по рабочей выборке.



### 5.1.2. Определение типов текущих процессов

Для идентификации градации б/о, т. е. предварительного решения вопроса о наличии осадков, и дальнейшего согласования градаций суточных и полусуточных сумм осадков определяется локальный тип текущего процесса. Текущая ситуация определяется двумя параметрами: гипом воздушной массы (ВМ) и локальной фазой динамической волны. Гип ВМ определяется по значению температуры на поверхности 350 гПа в момент времени  $\tau$  в пункте прогноза. Пусть  $T_1, T_3, T_5$  — контрольные точки исходной выборки  $\{T_{850}(\tau_j); \tau_j \in [\tau_k - 15; \tau_k + 15]; k = 1, KL (KL — \text{число лет в архиве})\}$ , рассчитанные по формулам типа (3.3)—(3.4), а  $\sigma(T_{850})$  — среднеквадратическое отклонение случайной величины  $T_{850}$ , рассчитанное на исходной выборке по формуле (2.13).

Положим

$$T_2 = T_3 - 0,675\sigma(T_{850}), \quad T_4 = T_3 + 0,675\sigma(T_{850}). \quad (5.3)$$

Когда при  $T_{850}(\tau) \leq T_2$  определяются холодные ВМ (холодный край выборки, или группа 1); при  $T_{850}(\tau) \in (T_2, T_4)$  — умеренные ВМ (середина выборки, или группа 2); при  $T_{850} \geq T_4$  — теплые ВМ (теплый край выборки, или группа 3).

Кроме того, независимо от типа ВМ определяется фаза динамической волны (ФДВ). Для этого рассматривается слой 1000—500 гПа, текущая толщина которого описывается значением относительного геопотенциала  $\Delta OT_{1000}^{500}(\tau)$ , рассчитываемого по формуле (2.3). Будем говорить, что наблюдается фаза сжатия слоя 1000—500 гПа ( $IP = 1$ ), если

$$\Delta OT_{1000}^{500}(\tau) = OT_{1000}^{500}(\tau) - OT_{1000}^{500}(\tau - 1) < 0, \quad (5.4)$$

и фаза расширения слоя 1000—500 гПа, если

$$OT_{1000}^{500}(\tau) \geq 0. \quad (5.5)$$

На фазе расширения слоя 1000—500 гПа рассматривается детализация текущей ситуации для верхнего (облако содержащего) слоя 350—500 гПа. Толщина слоя 850—500 гПа оценивается как разность между толщиной общего слоя 1000—500 гПа и толщиной нижнего слоя 1000—850 гПа. Последняя оценивается условно с помощью разности

$$H_{1000}^{850}(\tau) = P_0(\tau) - T_{850}(\tau). \quad (5.6)$$

Итак, в случае когда справедливо неравенство (5.5), будем говорить, что наблюдается фаза сжатия верхнего слоя ( $IP = 2$ ), если

$$\Delta H_{1000}^{850}(\tau) = H_{1000}^{850}(\tau) - H_{1000}^{850}(\tau - 1) > 0, \quad (5.7)$$

и фаза расширения верхнего слоя ( $IP = 3$ ), если

$$\Delta H_{1000}^{850}(\tau) \leq 0. \quad (5.8)$$

Таким образом, определяется девять типов ситуаций, представленные в табл. 12. Обозначим их ( $IV, IP$ ),  $IV = 1, 3$ ,  $IP = 1, 3$ .

Таблица 12

| Тип ВМ   |                       | ФДВ                                |                                       |                                      |
|----------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|          |                       | $\Delta OT_{1000}^{500}(\tau) < 0$ | $\Delta OT_{1000}^{500}(\tau) \geq 0$ |                                      |
|          |                       |                                    | $\Delta H_{1000}^{850}(\tau) > 0$     | $\Delta H_{1000}^{850}(\tau) \leq 0$ |
|          |                       | $IP = 1$                           | $IP = 2$                              | $IP = 3$                             |
| $IV = 1$ | $T_{850} \leq T_2$    | (1,1)                              | (1,2)                                 | (1,3)                                |
| $IV = 2$ | $T_2 < T_{850} < T_4$ | (2,1)                              | (2,2)                                 | (2,3)                                |
| $IV = 3$ | $T_4 \leq T_{850}$    | (3,1)                              | (3,2)                                 | (3,3)                                |

Физическое содержание ситуаций, представленных в табл. 12, подробно описано в п. 5.3. Статистика типов ситуаций (распределение сезонных выборок по ситуациям), рассчитанная по 10-летнему архиву фактических данных для 12 станций Амурской области и Хабаровского края, представлена в приложении 4.

Для каждого из описанных типов ситуаций, каждой станции, каждого календарного месяца и каждого из предиктантов  $QN, QD, QS$  заранее рассчитываются значения дискриминантных уровней  $DUN(IV, IP)$ ,  $DUD(IV, IP)$ ,  $DUS(IV, IP)$  и вероятности появления каждой из пяти градаций осадков.

### 5.1.3. Порядок определения градаций осадков

В соответствии с Наставлением по службе прогнозов [64] в методе рассматривается пять градаций для полусуточных сумм осадков, границы которых определены в табл. 11. Градация 6/о кодируется числом -1. Нумерация, наименование и границы градаций представлены в табл. 13.

Таблица 13

Обозначения и границы градаций для полусуточных сумм осадков

| Номер | Наименование         | Границы градаций, мм              |                     |
|-------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|
|       |                      | для жидких<br>и смешанных осадков | для твердых осадков |
| 1     | Без осадков (б/о)    | < 0                               | < 0                 |
| 2     | Слабые осадки (сл/о) | 0—3                               | 0—2                 |
| 3     | Умеренные (у/о)      | 4—14                              | 3—6                 |
| 4     | Сильные (с/о)        | 15—49                             | 7—19                |
| 5     | Очень сильные (ос/о) | ≥50                               | ≥19                 |

Градация 6/о определяется сравнением рассчитанного на первом этапе прогноза значения предиктанта  $Q(\tau)$  с заданным для него в текущем типе ситуации  $\{IV(\tau), IP(\tau)\}$  дискриминантным уровнем  $DU(IV, IP)$ . Если

$$Q(\tau) \geq DU(IV, IP) \geq 0, \quad (5.9)$$

то прогнозируется наличие осадков в количестве  $Q(\tau)$ ; если же

$$Q(\tau) \geq DU(IV, IP), \quad DU(IV, IP) < 0, \quad (5.10)$$

то прогнозируются осадки в количестве

$$Q(\tau) + |DU(IV, IP)|. \quad (5.11)$$

При

$$Q(\tau) < DU(IV, IP) \quad (5.12)$$

$Q(\tau)$  полагается равным -1 (отсутствие осадков).

Физический смысл дискриминантных уровней заключается в следующем. Значение  $Q(\tau)$  рассчитано по выборке, когда фигурируют только те даты, когда наблюдались осадки. Таким образом,  $Q(\tau)$  оценивает потенциально возможное количество осадков в случае, если влагосодержание текущего типа ВМ близко к среднему по рабочей выборке, а дискриминантный уровень показывает, насколько велика (значима) вероятность выпадения осадков в количестве  $Q(\tau)$  для данного типа ситуации с влагосодержанием ВМ, близким к среднему для данного типа ситуации.

Величина  $DU$  измеряется в миллиметрах и выражает различие между средним влагосодержанием ВМ по рабочей выборке ( $\bar{\theta}$ ) и средним для данного типа ситуации  $\bar{\theta}(IV, IP)$ :

$$DU(IV, IP) \sim \bar{\theta} - \bar{\theta}(IV, IP).$$

Если среднее влагосодержание ВМ для текущего типа ситуации в данный календарный месяц существенно ниже, чем среднее по рабочей выборке, то величина  $DU$  имеет порядок градации умеренных осадков, и вероятность того, что динамика текущего процесса ( $IP$ ) способна сформировать осадки в количестве  $Q(\tau)$ , мала. Если же влагосодержание текущего типа ВМ близко к среднему по рабочей выборке, то величина  $DU$  принимает значения в градации слабых осадков и вероятность выпадения осадков в количестве  $Q(\tau)$  для данной ФДВ велика. В случае же когда влагосодержание текущего типа ВМ существенно превышает среднее по рабочей выборке, величина  $DU$  становится отрицательной. Здесь вероятность выпадения осадков велика, и к потенциально возможному количеству осадков на данной ФДВ добавляется слагаемое  $|DU(IV, IP)|$ . Отрицательные значения  $DU$  встречаются довольно редко. Они относятся в основном к холодным ВМ в теплый период года на фазе расширения слоя 1000—500 гПа ( $IP = 2,3$ ).

По откорректированному описанном способном значению  $Q(\tau)$  определяется номер ( $G$ ) прогнозируемой градации  $GN(t)$ ,  $GD(\tau)$ ,  $GS(\tau)$  для каждого из предиктантов  $QN$ ,  $QD$ ,  $QS$ . Здесь важно отметить, что табл. 13, согласно [64], определяет градации для полусуточных сумм осадков. Поэтому способ определения градации для суточных сумм осадков  $QS$  является важным компонентом метода прогноза, тесно связанным с дальнейшей процедурой согласования. При определении градации  $QS$  по фактическим данным значению  $GS(\tau_j)$  присваивается наибольшее из значений  $GN(\tau_j)$  и  $GD(\tau_j)$ :

$$GS(\tau_j) = \max\{GN(\tau_j), GD(\tau_j)\}. \quad (5.13)$$

При определении градации для суточных сумм осадков по прогностическому значению  $QS(\tau)$  значение  $GS(\tau)$  определяется по табл. 13 относительно  $QS(\tau)/2$ , т. е. половины рассчитанного на сутки количества осадков. Градации для полусуточных сумм осадков  $GN$ ,  $GD$  определяются в соответствии с табл. 13 как по фактическим  $QN(\tau_j)$ ,  $QD(\tau_j)$ , так и по прогностическим  $QN(t)$ ,  $QD(\tau)$  значениям.

Описанная процедура применяется отдельно к каждому из предиктантов. Таким образом, после выполнения второго шага прогноза не исключена возможность, что

$$QN \geq 0, QD \geq 0, \text{ а } QS = -1$$

или

$$QN = -1, QD = -1, \text{ а } QS \geq 0,$$

или

$$QN \geq 0, QD \geq 0, QS \geq 0, \text{ но } QS \neq QN + QD;$$

более того,  $GS$  может оказаться больше или меньше  $\max\{GN, GD\}$ .

Иными словами, полученные значения суточных и полусуточных сумм осадков могут относиться к различным градациям, т. е. оказаться несогласованными.

#### 5.1.4. Согласование суточных и полусуточных сумм осадков

Окончательное решение о наличии и количестве осадков принимается после согласования градаций суточных и полусуточных сумм осадков, полученных на первом и втором этапах прогноза.

Согласование, или решающее правило, основано на реальной статистике осадков — архивной частоте  $f(G)$  появления каждой из градаций  $G = 1, 5$  в прогнозируемой по ГДМА ситуации ( $IV, IP$ ) — и учете соотношений оправдываемости  $P(G)$  предварительного прогноза в рассчитанной градации (по прогнозу —  $G_p$ ) и в предполагаемой градации по факту ( $G_f$ ). Для этого по архиву фактических данных рассчитываются вероятности (частоты) осадков каждой из пяти градаций для каждой станции, календарного месяца, типа ситуации и предиктанта:

$$\begin{aligned} f(GN) &= f(NS, NM, IV, IP, GN_\phi), \\ f(GD) &= f(NS, NM, IV, IP, GD_\phi), \\ f(GS) &= f(NS, NM, IV, IP, GS_\phi), \end{aligned} \quad (5.14)$$

где  $NS$  — порядковый номер станции;  $NM$  — порядковый номер месяца в году;  $(IP, IV)$  — тип ситуации:  $IP=1, 3$ ;  $IV=1, 3$ ;  $GN_{\phi}$ ,  $GD_{\phi}$ ,  $GS_{\phi}$  — номер градации, определенной по фактическим значениям осадков. По архиву прогностических значений  $\{Q_p(\tau_j)\}$ , рассчитанных на первых двух этапах прогноза на независимой выборке, вычисляются оправдываемости  $P(G)$  предварительного прогноза в рассчитанной градации

$$\begin{aligned} P(GN) &= P(NS, NM, IV, IP, GN_{\phi}), \\ P(GD) &= P(NS, NM, IV, IP, GD_{\phi}), \\ P(GS) &= P(NS, NM, IV, IP, GS_{\phi}), \end{aligned} \quad (5.15)$$

согласно функционалу оправдываемости, определенному табл. 11. Значения параметров (5.14) — (5.15) записываются в архив и используются в программе на третьем этапе прогноза при выполнении решающего правила.

#### Решающее правило

1. Если  $GS = GN = GD$ , то выполняется п. 6 ( $\Rightarrow$  п. 6).
2. Если  $GS \neq GN = GD$ , то
 

|                                                       |                                                            |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| если $P(GS) \leq [P(GN) + P(GD)]/2 \Rightarrow$ п. 6, |                                                            |
| иначе                                                 | если $GS < GN$ , то $QN = QD = QS/2$ ,                     |
|                                                       | иначе                                                      |
|                                                       | если $P(GN) \leq P(GD)$ , то $QN = QS/2 \Rightarrow$ п. 6, |
|                                                       | иначе $QD = QS/2 \Rightarrow$ п. 6.                        |
3. Если  $GS = GN \neq GD$ , то
 

|                                     |                                                       |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| если $GS \geq GD \Rightarrow$ п. 6, |                                                       |
| иначе                               | если $P(GD) \geq [P(GS) + P(GN)]/2 \Rightarrow$ п. 6, |
|                                     | иначе                                                 |
|                                     | если $QS < QN$ , то $QD = -1 \Rightarrow$ п. 6,       |
|                                     | иначе $QD = QS - QN \Rightarrow$ п. 6.                |
4. Если  $GS = GD \neq GN$ , то
 

|                                  |                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|
| если $GN < GS \Rightarrow$ п. 6, |                                                      |
| иначе                            | если $P(GN) > [P(GS) + P(GD)]/2 \Rightarrow$ п. 6,   |
|                                  | иначе                                                |
|                                  | если $QS > QD$ , то $QN = QS - QD \Rightarrow$ п. 6, |
|                                  | иначе $QN = -1 \Rightarrow$ п. 6.                    |

5. Если  $GS \neq GN \neq GD$ , то

если  $P(GN) = \max \{P(GS), P(GN), P(GD)\}$ , то  $GS = GN \Rightarrow$  п. 3,  
 если  $P(GD) = \max \{P(GS), P(GN), P(GD)\}$ , то  $GS = GD \Rightarrow$  п. 4,  
 если  $P(GS) = \max \{P(GS), P(GN), P(GD)\}$ , то  $\Rightarrow$  п. 5.1.

5.1. Если  $GS < GN$  и  $GS < GD$ , то  $QN = QD = QS/2 \Rightarrow$  п. 6,

если  $GN < GS < GD$ , то  $QD = QS/2 \Rightarrow$  п. 6,

если  $GD < GS < GN$ , то  $QN = QS/2 \Rightarrow$  п. 6,

если  $GS > GN$  и  $GS > GD$ , то

если  $P(GN) < P(GD)$ , то  $GN = GS \Rightarrow$  п. 3,

если  $P(GN) > P(GD)$ , то  $GD = GS \Rightarrow$  п. 4,

если  $P(GN) = P(GD)$ , то

если  $f_N(GS) \geq f_D(GS)$ , то  $GN = GS \Rightarrow$  п. 3,

иначе  $GD = GS \Rightarrow$  п. 4.

5. Если  $QD = -1$ , то  $QS = QN$ ,

если  $QN = -1$ , то  $QS = QD$ ,

если  $QD \geq 0$  и  $QN \geq 0$ , то  $QS = QN + QD$ .

## 5.2. Метод расчета дискриминантных уровней

Дискриминантные уровни  $DU = DU(NS, NM, IV, IP)$  определяются по архивной информации из условия достижения максимума функционала

$$F = P_{\text{общ}} + B_{6/o} + B_{\text{ос}}, \quad (5.16)$$

где  $P_{\text{общ}}$  — функционал общей оправдываемости прогноза осадков, определенный табл. 11;  $B_{\text{ос}}$  — обеспеченность прогноза в градациях с осадками;  $B_{6/o}$  — обеспеченность прогноза в градации 6/o.

Дискриминантные уровни рассчитываются отдельно для каждого из предиктантов (5.1), каждой станции, месяца года и типа ситуации. Совокупность значений  $\{DU\}$  записывается в набор данных вместе с параметрами (5.14), (5.15). Для формирования этого набора данных строится архив значений предиктантов: фактических  $\{Q_j(\text{факт})\}$  и рассчитанных  $\{Q_j(\text{расч})\}$  по уравнениям регрессии на первом этапе прогноза на независимой выборке с фиксацией даты  $\tau_j$  и типа ситуации  $IV_j, IP_j$ ). Для каждой станции и месяца года формируются выборки

$\{Q(\text{факт}), Q(\text{расч})\}_m, m = \overline{1, N}$  ( $N$  — длина полученной выборки), для заданного типа ситуации ( $IV, IP$ ). По этим выборкам определяется минимальное значение  $Q(\text{расч})$ , на котором функционал (5.16) достигает максимума. Это значение принимается за дискриминантный уровень для заданного предиктанта (станции, месяца, типа ситуации):

$$DU(IV, IP) = \min_{m=\overline{1, N}} \{Q_m: F(DU)\} = \max F(DU = Q_m), \quad (5.17)$$

где  $F(x)$  — значение функционала (5.16), рассчитанного при условии, что если  $Q(\text{расч}) \leq x$ , то прогнозируется градация б/о. Следует заметить, что функционал (5.16) построен так, что  $P(\text{б/о}) \leq P_m$ . При этом если существуют две или несколько точек максимума функционала  $F$ , то выбирается та, на которой достигается максимум  $B_{oc}$ , т. е. преимущество отдается классу осадков, что вполне естественно при высоком уровне  $P(\text{б/о})$ , наблюдающемся на рассматриваемой территории (см. приложение 5).

В приложении 6 представлены среднесезонные значения дискриминантных уровней, детализированные по типам ситуаций. Конкретные значения  $DU$  для каждого месяца могут существенно отличаться от среднесезонных, тем не менее они дают качественную характеристику степени завышения  $Q(\text{расч})$  для градации б/о. Следует отметить, что поскольку процесс образования осадков выражает скачкообразный переход из одного качественного состояния атмосферы (б/о) в другое (наличие осадков), то соответствующего завышения значений  $Q(\tau)$  для совокупности градаций наличия осадков (2—5) не происходит.

В ситуациях с малыми значениями  $DU$  наблюдается существенное превышение оправдываемости предварительного прогноза  $P_m$  (этапы 1, 2) над контрольным  $P(\text{б/о})$ . Это ситуации, для которых наличие и количество осадков определяется в основном фактическим влагосодержанием облакосодержащего слоя, т. е. наличие осадков обусловлено тем, что среднее значение относительной влажности в слое 850—500 гПа близко к 100 % или равно 100 %. Таким образом, при  $DU \leq 3$  мм осадки выпадают либо за счет адвекции влаги, либо за счет адвекции холода. Если в результате указанной адвекции относительная влажность в облакосодержащем слое достигает 100 %, то наблюдается выпадение осадков, или в терминологии и числовых характеристиках предлагаемого метода: если  $Q(\tau) > DU(IV(\tau), IP(\tau))$ , то прогнозируются осадки в количестве  $Q(\tau)$ . Такие осадки хорошо описываются этапами 1, 2 предварительного прогноза.

Высокие значения  $DU$  соответствуют ситуациям, в которых наличие и количество осадков определяются стратификацией атмосферы в



рестности пункта прогноза, т. е. вертикальным распределением относительной влажности в слое 850—500 гПа, и распределением температуры в слое 1000—500 гПа. При этом факт и количество осадков здесь зависят от среднего значения относительной влажности облакообразующего слоя. Она может быть сравнительно невелика (от 70 до 100 %), однако факт выпадения осадков имеет место, в том числе и для очень высоких градаций. В таких случаях разделение классов наличия отсутствия осадков посредством имеющейся в нашем распоряжении информации является весьма сложной задачей, которая частично решается путем согласования градаций суточных и полусуточных сумм осадков. При  $DU > 8$  мм превышение оправдываемости предварительного прогноза над оправдываемостью контрольным невелико (см. приложение 6). Оно тем меньше, чем выше значения  $DU$ , и для  $U \geq 10$  мм практически наблюдается равенство

$$P_M(\text{этапы 1, 2}) = P(б/о),$$

но это не означает, что все прогнозы дают градацию б/о.

Таким образом, приведенные в приложении 6 значения  $DU$  позволяют определить географическую локализацию зон, в которых для данного типа ситуации и сезона года для более успешного прогнозирования осадков (прежде всего, их наличия) информация о распределении температуры и влаги по высотам совершенно необходима.

### Краткие выводы

1. Решение о наличии и количестве осадков принимается по соотношению между  $Q(\tau)$  и  $DU$  с согласованием  $GS$ ,  $GN$ ,  $GD$  по решающему правилу.

2. Значения  $DU$  рассчитаны как точки максимума функционала  $\{Q(\text{расч})\}$ , который является наиболее точной оценкой для

$$\bar{f} = \max \{P(12) + P(24)\} \quad (5.18)$$

любой из совокупности выборок  $\{QN\}$ ,  $\{QD\}$ ,  $\{QS\}$ . В выражении (5.18)  $P(12)$  — частота совпадения фактической и прогностической градации для полусуточных сумм осадков,  $P(24)$  — соответствующая частота для суточных сумм.

Нетрудно показать, что если отвлечься от допусков 50 %-ного интервала оправдываемости для попадания  $Q(\text{прог})$  в зону, прилегающую к границе градации  $Q(\text{факт})$ , и допуска для градации б/о

$$P\{Q(\text{прог}) \leq 0,3 \text{ мм} / Q(\text{факт}) = 6/0\} = 100 \%,$$

то функционал  $P_{\text{общ}}$  выражает полную вероятность осуществления события

$$A = \{G(\text{прог}) = G(\text{факт})\},$$

т. е. вероятность того, что прогностическая и фактическая градации совпадают. При этом в соответствии с формулой полной вероятности имеем

$$P(A) = \sum_{i=1}^5 \alpha_i B_i,$$

где  $\alpha_i$  — фактическая частота появления  $i$ -й градации,  $B_i$  — обеспеченность прогноза для  $i$ -й градации.

3. Решающее правило формулируется на основании оценки оправдываемости прогноза  $P\{Q(\text{факт}) \in G(\text{прог})\}$  по архивным выборкам.

Таким образом, разработанный метод существенно опирается на статистику фактических осадков (архивные значения повторяемости осадков в каждой из градаций, в том числе и 6/0), оценку потенциального количества осадков, которое может сформироваться в атмосфере с текущими параметрами (в отсутствие информации о влагосодержании) и оценку вероятности выпадения осадков рассчитанной градации для текущего типа ситуации ( $IP$ ,  $IV$ ) на данной станции для данного календарного месяца.

### 5.3. Физико-статистические аспекты деления выборок на ситуации и их вероятностный смысл

Рассмотренные в п. 5.1.2 типы ситуаций имеют вполне определенное физическое содержание. Фаза динамической волны (ФДВ) определяет локальный тип деформации ВМ по вертикали в течение рассматриваемых суток — преимущественное сжатие или расширение слоев, ограниченных стандартными изобарическими поверхностями 1000, 850, 500 гПа. Наблюдаемую деформацию могут вызывать различные причины:

— упругая деформация, возникающая за счет динамики атмосферных волн различных пространственных масштабов;

— термо- и (или) влагодинамическая деформация, возникающая вследствие адвекции температуры и (или) влажности в окрестности пункта прогноза;

— деформация, вызванная фазовыми изменениями влагосодержания ВМ или радиационными колебаниями температуры воздуха в окрестности пункта прогноза, — уменьшение влагосодержания облакообразующего слоя за счет выпадения осадков, увеличение влагосодержания или средней температуры слоя за счет конвективных процессов.

Вертикальные деформации реальной атмосферы являются, как правило, следствием совокупности перечисленных причин, хотя наблюдаются и ситуации, в которых существенно преобладает одна из причин деформации.

Проведенные исследования показали, что для каждой из трех рассматриваемых фаз динамической волны осадки (если они наблюдаются) имеют характерные особенности. Так, на фазе сжатия слоя 300—500 гПа ( $IV = 1$ ) наблюдаются только обложные осадки, причем на них приходится от 65 до 90 % всех наблюдаемых осадков в зависимости от сезона года и физико-географического положения станции. Осадки, которые наблюдаются на фазе сжатия облакообразующего слоя 0—500 гПа ( $IP = 2$ ), также относятся к обложным, но в отличие от фазы  $IP = 1$  при  $IP = 2$  в дни с осадками наблюдается либо начало, либо завершение процесса выпадения обложных осадков, длящегося в течение нескольких суток (3 сут и более), или резкое уменьшение интенсивности осадков в процессе их выпадения (возможно прерывание одних суток с последующим продолжением). Заметим, что указанное уменьшение интенсивности (вплоть до прерывания) наблюдается, как правило, только на рассматриваемой станции, в то время как на прилегающей территории процесс выпадения осадков продолжается. Таким образом, при  $IP = 2$  наблюдается в основном градоподобие слабых осадков. Осадки этого вида составляют не более 30 % всех наблюдаемых осадков.

На фазе расширения облакообразующего слоя ( $IP = 3$ ) наблюдаются только кратковременные интенсивные осадки. При этом даже если зафиксированы слабые осадки или наблюдавшиеся осадки распределены на двое суток (день даты  $\tau - 1$ , ночь даты  $\tau$ ), то реальная продолжительность невелика: до 3—6 ч, а для слабых осадков не более 1 ч. Это, в первую очередь, осадки конвективной природы, которые часто относят по данным наблюдений к различным метеорологическим суткам. Последнее особенно характерно для станций, расположенных на юге Хабаровского края и по долине Амура. Однако осадки такого типа наблюдаются, хотя и редко, и в холодный период года.

Такое явление может быть обусловлено резким расширением нижней части облакосодержащего слоя за счет специфической динамики упругих волн на границе раздела пограничного слоя и свободной атмосферы. Осадки, наблюдаемые в фазе  $IP = 3$ , составляют не более 10 % всей выборки.

Таким образом, фаза динамической волны определяет вид возможных осадков, с которым так или иначе связана их интенсивность, количество и частота появления данного вида в рабочей выборке.

#### **5.4. Способ моделирования вероятности выпадения осадков в данном типе ситуации**

Тип ВМ позволяет, хотя и грубо, оценить среднее влагосодержание облакосодержащего слоя. Как правило, чем выше средняя температура слоя 850—500 гПа, тем выше его фактическое влагосодержание (в данном случае речь идет об абсолютном, а не относительном влагосодержании). Делением размаха исходной выборки  $\{T_{850}(\tau_j)\}$  на интервалы  $[T_1, T_2]$ ,  $(T_2, T_4)$ ,  $[T_4, T_5]$  делается попытка оценить среднее значение влажности насыщения на нижней границе облакосодержащего слоя для каждого из перечисленных интервалов, которое, в свою очередь, тесно связано со значением  $\bar{T}_{850}$ , рассчитанным по выборкам из заданных интервалов. Сравнение значений влажности насыщения для данного типа ВМ (IV) со средним значением влагосодержания для рабочей выборки (поскольку для рабочей выборки  $Q \geq 0$ , то можно положить, что влагосодержание слоя 850—500 гПа, осредненное по рабочей выборке, близко к влажности насыщения) дает возможность оценить вероятность выпадения осадков для наблюдаемого или прогнозируемого типа ВМ.

Таким образом, рассматриваемые ситуации ( $IP$ , IV) фиксируют среднюю вероятность выпадения осадков характерного для данной ФДВ вида — обложных, остаточных, кратковременных интенсивных — для воздушных масс типа IV. Тогда каждой совокупности параметров ( $IP$ , IV) соответствует определенная вероятность выпадения осадков конкретного вида. Однако явное количественное выражение этой вероятности (фактической или прогнозируемой) в методике прогноза не используется. Указанные вероятности оцениваются косвенно — путем сравнения рассчитанного по уравнениям регрессии на рабочей выборке потенциально возможного количества осадков  $Q(\tau)$  с минимально допустимым для ситуации ( $IP$ , IV) уровнем  $DU(IV, IP)$ ,

возникающим за счет замены информации о фактическом влагосодержании средним по выборке с осадками, что приводит к преимущественному завышению влагосодержания ВМ для дат без осадков и, таким образом, к получению „лишних” осадков. Сравнение  $Q(\tau)$  с  $DU(IV, IP)$  указывает степень достаточности влагозапаса ВМ в слое 850—Ю гПа для выпадения осадков для данного типа и интенсивности вертикальных деформаций. Интенсивность вертикальной деформации, выраженная параметрами  $\Delta OT_{1000}^{500}$ ,  $\Delta H_{1000}^{850}$ , фигурирует в уравнениях регрессии (эти параметры всегда автоматически выбираются алгоритмом построения модели прогноза). Кроме этих предикторов, в уравнения регрессии входят (всегда автоматически выбираются) компоненты скорости геострофического ветра на поверхности 500 гПа и (или) связанные с ними нелинейные характеристики. Очевидно, компоненты 500,  $V_{500}$  отражают интенсивность горизонтальной деформации ВМ на среднем уровне в свободной атмосфере.

Таким образом, модель описывает количество (в том числе и наличие) осадков, вероятность выпадения которых наиболее велика для данного типа ВМ при прогнозируемом по ГДМА типе вертикальных деформаций в зависимости от их интенсивности, интенсивности горизонтальных деформаций и отклонения текущего значения  $T_{850}(\tau)$  от его среднего для данной ВМ  $\{IV(\tau), IP(\tau)\}$ -типа.

## 5.5. Результаты испытаний метода прогноза наличия и количества осадков для станций Амурской области и Хабаровского края

Оценки качества метода прогноза наличия и количества осадков по результатам авторских испытаний на независимых архивных выборках приведены в табл. 14.

Оперативно-производственные испытания метода проводились в Дальневосточном УГМС в период с апреля 1997 г. по февраль 1998 г. Качество прогнозов оценивалось по следующим параметрам:

$P$  — оправдываемость прогноза, согласно Наставлению [64];

$U = (n_{11} + n_{22}) / N$  — оправдываемость альтернативного прогноза, где  $n_{11}$  — число оправдавшихся прогнозов факта осадков,  $n_{22}$  — число оправдавшихся прогнозов отсутствия осадков,  $N$  — общее число прогнозов (длина испытываемой выборки);

$$T = \frac{n11}{n01} - \frac{n12}{n02} = \frac{n22}{n02} - \frac{n21}{n01}$$
 — критерий Пирси—Обухова, где  $n11$ ,  $n22$  определены выше,  $n12$  — число неоправдавшихся прогнозов факта осадков,  $n21$  — число неоправдавшихся прогнозов отсутствия осадков,  $n01$  — число случаев с осадками,  $n02$  — число случаев без осадков в испытываемой выборке;

$$E = \frac{1}{n11} \sum_{i=1}^{n11} |Q_{\text{п}} - Q_{\text{ф}}|$$
 — средняя абсолютная ошибка количества осадков;  $Q_{\text{п}}$ ,  $Q_{\text{ф}}$  — соответственно прогностическое и фактическое количество осадков в пункте прогноза.

Таблица 14

**Среднесезонная оправдываемость методического прогноза наличия и количества осадков, рассчитанная на независимых архивных выборках (Н — ночь, Д — день)**

| п/п | Станция          | Зима |    | Весна |    | Лето |    | Осень |    |
|-----|------------------|------|----|-------|----|------|----|-------|----|
|     |                  | Н    | Д  | Н     | Д  | Н    | Д  | Н     | Д  |
| 1   | Хабаровск        | 93   | 93 | 91    | 89 | 82   | 83 | 88    | 87 |
| 2   | Тында            | 99   | 94 | 96    | 89 | 84   | 76 | 91    | 87 |
| 3   | Зея              | 98   | 97 | 96    | 93 | 85   | 81 | 96    | 90 |
| 4   | Благовещенск     | 99   | 98 | 94    | 93 | 87   | 81 | 96    | 91 |
| 5   | Облучье          | 94   | 93 | 90    | 86 | 79   | 75 | 88    | 85 |
| 6   | Екат.-Никольское | 97   | 97 | 91    | 91 | 81   | 79 | 91    | 90 |
| 7   | Нелькан          | 95   | 88 | 96    | 92 | 87   | 81 | 90    | 83 |
| 8   | Аян              | 94   | 92 | 87    | 90 | 83   | 80 | 85    | 82 |
| 9   | Чегдомын         | 97   | 93 | 93    | 87 | 81   | 76 | 91    | 83 |
| 10  | Николаевск       | 90   | 84 | 93    | 90 | 86   | 84 | 87    | 77 |
| 11  | Комсомольск      | 96   | 92 | 90    | 91 | 85   | 83 | 87    | 87 |
| 12  | Сов. Гавань      | 94   | 93 | 88    | 84 | 82   | 79 | 87    | 87 |

Оценки качества прогноза по перечисленным параметрам приведены в приложении 8. В процессе испытаний методические прогнозы сравнивались с контрольным, в качестве которого использовался прогноз „без осадков” (6/0). Для контрольного прогноза критерий Пирси—Обухова ( $T$ ) тождественно равен нулю, если в испытываемой выборке присутствуют оба класса;  $T = 1$ , если в испытываемой выборке нет класса „осадки”, и  $T = -1$ , если в испытываемой выборке нет клас-

1 „без осадков”. Критерий  $E$  для прогноза б/о не имеет смысла. Результат сравнения методического прогноза с контрольным представлен в приложении 9 в виде разности значений перечисленных критериев качества:

$$DP = P_m - P_k, \quad DT = T_m - T_k, \quad DU = U_m - U_k.$$

В приложении 10 представлены оценки качества методического прогноза для каждого из классов: „осадки”, „без осадков”. За факт наличия осадков в пункте прогноза принималось значение  $Q \geq 0,0$  мм. В том же приложении приведены оценки качества методического прогноза для отдельных градаций класса „осадки”: „слабые”, „умеренные”, „сильные и очень сильные”. Градация очень сильных осадков не выделялась в связи с малой частотой ее появления в испытываемой выборке.

Анализ оценок показывает, что методика не отдает преимущества кому-либо из предиктантов. Более низкие значения  $P$  для суточных мм осадков объясняются применением при оценке тех же градаций, что и для полусуточных сумм, а систематическое превышение значений  $DP$  и  $DU$  для суток над полусутками является естественным следствием более высокой повторяемости класса осадков в суточной выборке. Качество прогноза в целом за период испытаний можно считать вполне удовлетворительным. Наиболее низкие оценки по всем пунктам прогноза наблюдаются для летних месяцев. При этом для станций Тын-ь, Благовещенск и Чегдомын качество летних прогнозов следует считать неудовлетворительным. Для станции Аян оценки  $P$  по летним месяцам также слишком низкие, однако оценки качества альтернативно-прогноза ( $U$ ,  $T$ ) для полусуточных сумм в целом хорошие. Относительно низкие оценки в сравнении с контрольным прогнозом наблюдались также на станции Советская Гавань в осенние месяцы:  $P_m(24 \text{ ч}) = 72 \%$ ,  $P_k(24 \text{ ч}) = 86 \%$ ;  $P_m(48 \text{ ч}) = 74 \%$ ,  $P_k(48 \text{ ч}) = 83 \%$ ; т.е. в соответствии с методическим прогнозом повторяемость класса осадков выше, чем фактически наблюдаемая. Следует отметить высокую оправдываемость методического прогноза на станциях Никола-ск-на-Амуре и Нелькан по обоим полусуткам в течение всего периода испытаний.

К недостаткам метода следует отнести низкую оправдываемость прогноза высоких градаций класса осадков. Это связано, прежде всего, отсутствием информации о влагосодержании воздушных масс и распределении температуры и влаги по высоте, вследствие чего методика „работает” на среднем влагосодержании ВМ в окрестности пункта про-

гноза для текущего типа процесса. Это обстоятельство в совокупности с малой природной повторяемостью осадков высоких градаций не позволяет методике различать градации осадков с достаточной точностью.

Для иллюстрации вышесказанного на рис. 9 представлены осредненные по заблаговременностям характеристики испытываемой выборки и качества прогнозов для полусуточных сумм осадков. Оправдываемость прогноза „без осадков” ( $P_{\text{исп}}(б/о)$ ) показывает частоту появления события

$$A = \{ \text{„без осадков”} \cup \text{„осадки} \leq 0,3 \text{ мм} \},$$

т. е. частоту случаев, в которых оправдываемость прогноза б/о оценивается в 100 %. Разность  $\Delta P(б/о) = P_{\text{арх}}(б/о) - P_{\text{исп}}(б/о)$  показывает соотношение между частотой события  $A$  в архивной и испытываемой выборках. На рис. 9 в, е приведено распределение частоты классов осадков (в том числе „следы” и  $Q \leq 0,3$  мм) по рассматриваемой территории.

На рис. 10 приведено распределение оправдываемости методического прогноза (общей и по классам) по территории. На рис. 11 представлено распределение по территории осредненной по заблаговременностям оправдываемости методического прогноза для различных градаций осадков. Рисунки хорошо отражают географическую локализацию зон, для которых информация о распределении температуры и влажности по высоте особенно важна для прогнозирования осадков. Ярким тому примером является сравнение оправдываемости методического прогноза для ночных и дневных осадков в градации „сильных и очень сильных” осадков. Из рис. 11 в, е видно, что сильные и очень сильные осадки на внутриконтинентальных станциях в дневное время имели преимущественно конвективную природу, а для прогноза таких осадков необходима информация о стратификации атмосферы в окрестности пункта прогноза [33, 43, 50].

Результаты испытаний метода рассматривались на Научно-техническом совете Дальневосточного УГМС от 12 марта 1998 г. Научно-технический совет постановил методику и автоматизированную технологию прогноза наличия и количества осадков внедрить в оперативную практику Дальневосточного УГМС. Автоматизированная технология прогноза наличия и количества осадков функционирует в Дальневосточном УГМСБ (г. Хабаровск) на ЭВМ COMPAREX в оперативном режиме с 14 апреля 1997 г., на ПЭВМ на основе базы данных ЛАССО комплекса ГИС—Метео — с октября 2000 г.



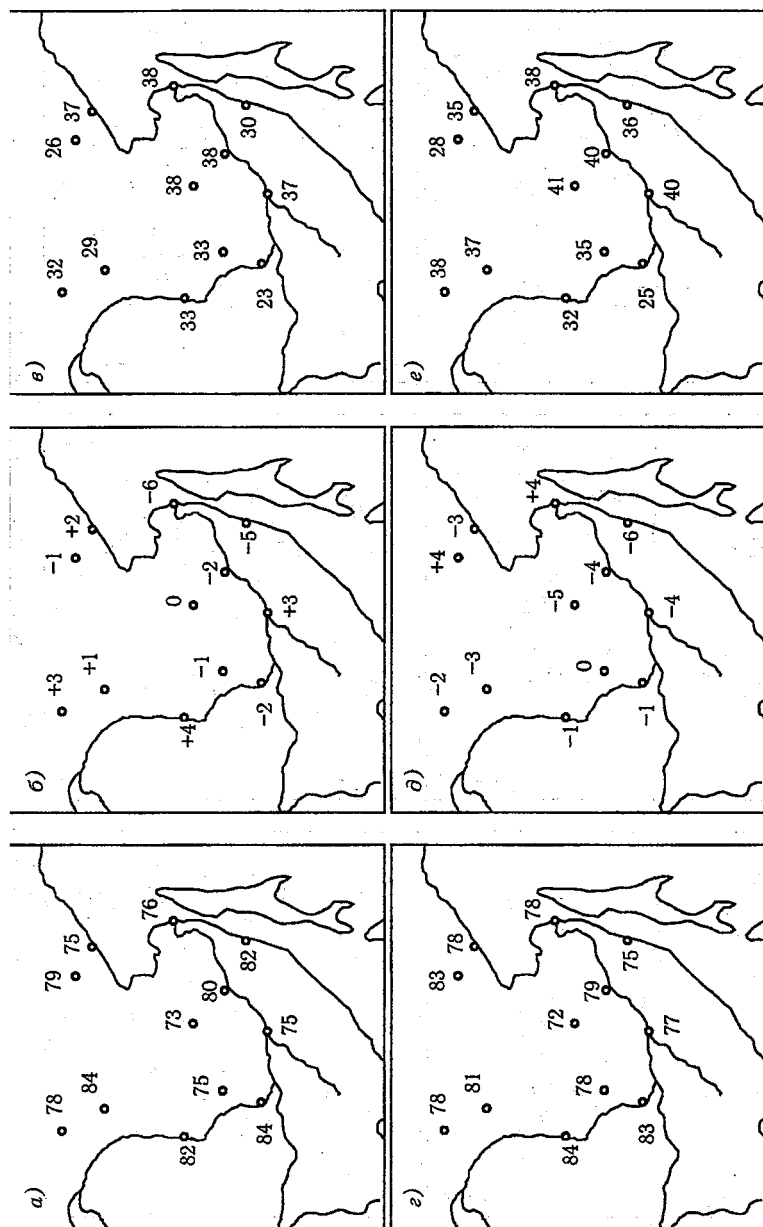


Рис. 9. Характеристики испытываемой выборки (апрель 1997 г. — январь 1998 г.).

а, б, в — ночь; г, д, е — день.

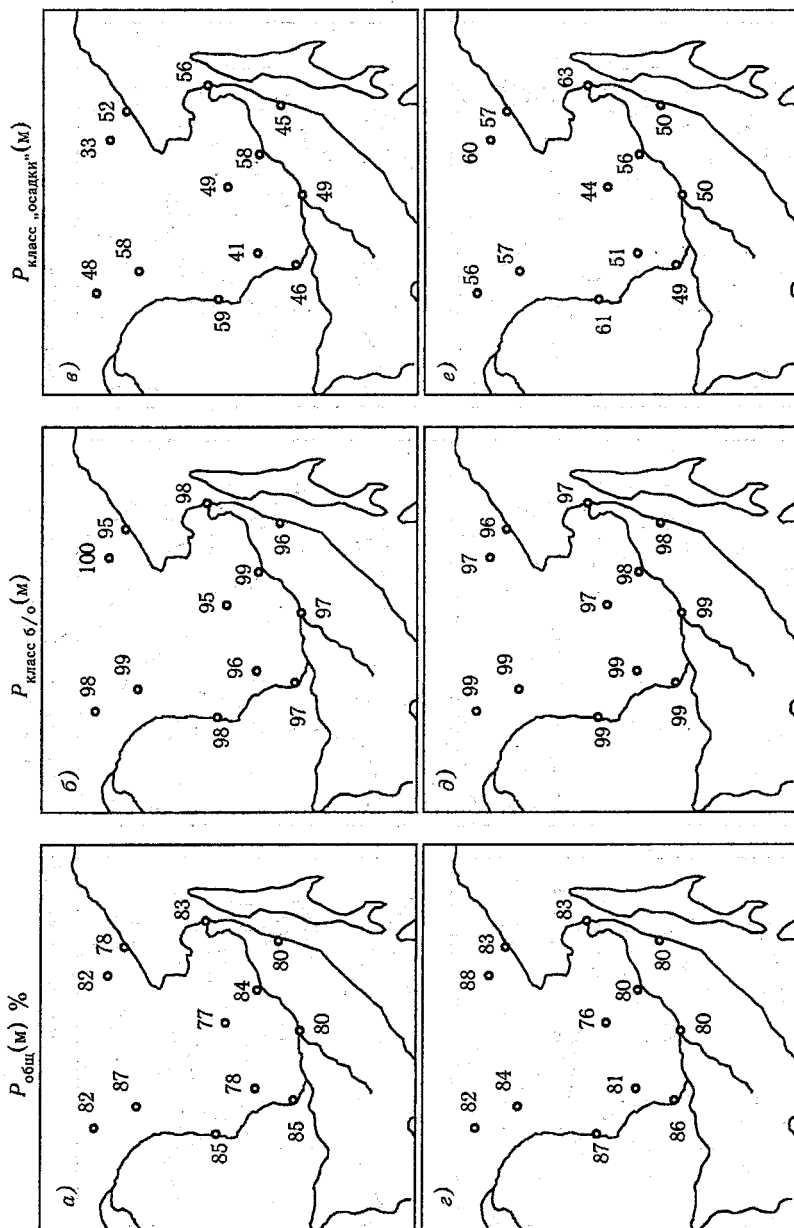


Рис. 10. Оправдываемость (%) метеорологического прогноза: общая и по классам.

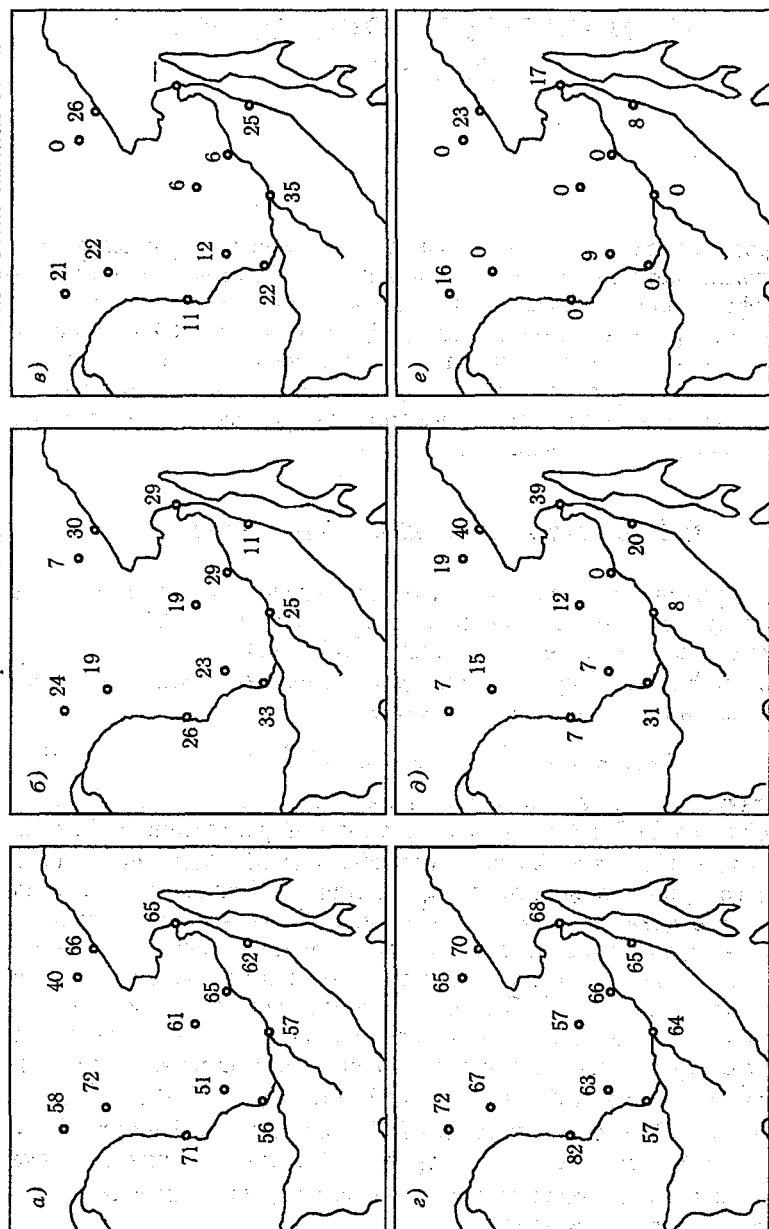


Рис. 11. Оправдываемость (%) методического прогноза по градициям класса осадков.  
а, б, в — ночь; г, д, е — день.

## 6. ТЕХНОЛОГИЯ РАСЧЕТА ПРОГНОЗА НА ПЭВМ

Прогноз всех элементов погоды осуществляется в рамках единой технологии, которая состоит из следующих обязательных компонентов: информационной базы данных; блока считывания исходной информации из оперативной базы данных (ОБД) комплекса ГИС—Метео; пакетов программ, реализующих алгоритм построения расчетных уравнений в рамках разработанного метода прогноза конкретного элемента погоды; системы представления результатов прогноза. Блок-схема технологии (ТЛ) представлена на рис. 12.

### 6.1. Информационная база данных

Информационная база данных (ИБД) включает в себя архив ежедневных фактических значений метеозаписей (MINMAX) и архив данных об осадках на тех же станциях (OSADKI).

Архив MINMAX предназначен для содержания ежедневных данных о значениях следующих элементов:

$$t_{\min}, t_{\max}, P_0, H_{500}, f_{500}, d_{500}, N, T_{850}, f_0, d_0. \quad (6.1)$$

Он организован как набор данных прямого доступа, состоящий из 156 записей длиной 8788 байт. Количество записей рассчитано на 12 станций и 13 лет ( $13 \text{ лет} \times 12 \text{ станций} = 156 \text{ записей}$ ). Одна запись содержит информацию за один год на одной станции. Длина записи рассчитана на 366 дней, каждому дню отведено 12 ячеек памяти емкостью 2 байта, в первую из которых заносится номер месяца, во вторую — номер дня в месяце. Далее располагаются значения метеозаписей в порядке, указанном в (6.1). Самые первые две ячейки записи занимают порядковый номер станции и указание года (последние две цифры года), к которому относится запись. Общий объем памяти, занимаемый архивом, составляет  $156 \text{ (записей)} \times 8788 \text{ (байт)} = 1\,370\,928 \text{ (байт)} \approx 1,4 \text{ Мбайт}$ . Расчет номера записи  $NZ$  проводится по формуле  $NZ = (NS - 1) \times 13 + NG$ , где  $NS$  — порядковый номер станции в списке,  $NG$  — порядковый номер года. Основы организации архива MINMAX заимствованы автором из [53].

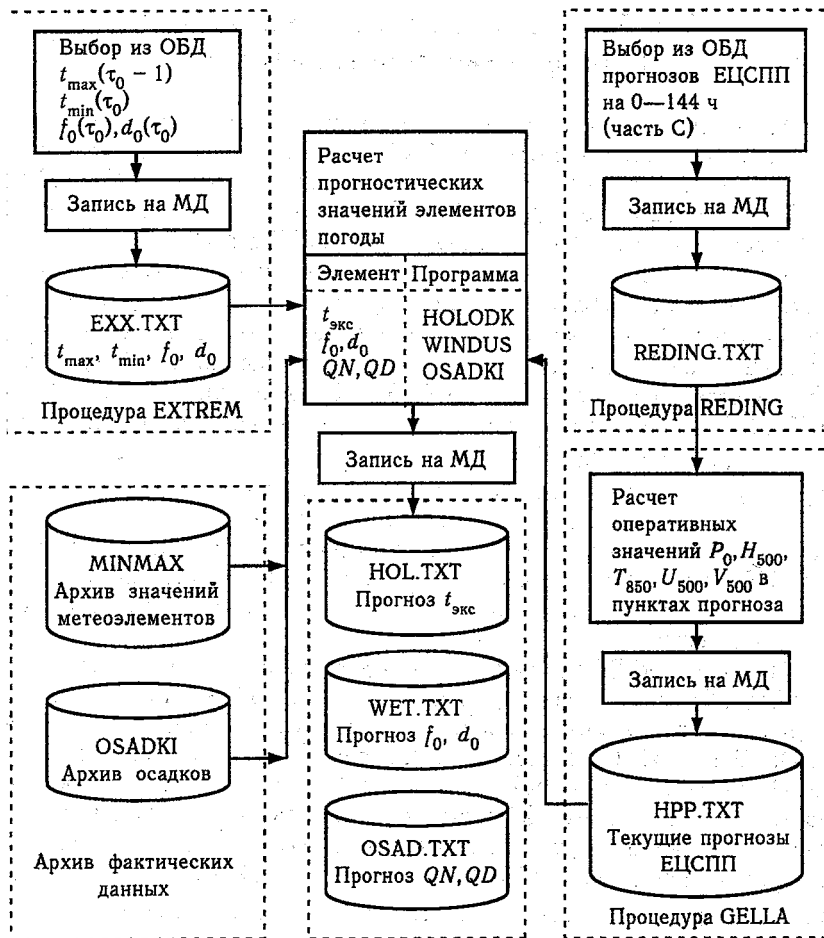


Рис. 12. Блок-схема единой технологии прогноза элементов локальной погоды на 0—5 сут.

Архив OSADKI предназначен для записи информации об осадках на станциях основного списка по территории радиусом 150 км вокруг станции основного списка или значений других предиктантов. В первые три слова каждой записи заносятся три призначных элемента. В слова с номерами  $K = (ID - 1) \times 12 + 4$  заносится значение  $ID = 1, 31$ , где  $ID$  — номер дня в месяце. Константа  $-32768$  является признаком пустой записи.

## 6.2. Блок считывания информации из оперативной базы данных

Блок считывания исходной информации из оперативной базы данных комплекса ГИС—Метео, ее обработки и подготовки к расчету прогноза элементов погоды состоит из трех процедур с именами EXTREM, REDING, GELLA. Процедуры EXTREM, REDING написаны на языке СИ, процедура GELLA — на языке Фортран 77 для ПЭВМ.

Процедура EXTREM предназначена для выбора исходных значений максимальной ( $t_{\max}$ ) и минимальной ( $t_{\min}$ ) температуры воздуха у земли, скорости ( $f_0$ ) и направления ( $d_0$ ) приземного ветра, количества осадков  $Q$  из ОБД комплекса ГИС—Метео и записи их в набор данных последовательного доступа EXX.TXT в форматном виде. Файл EXX.TXT предназначен для записи и хранения фактических значений  $t_{\max}$  за даты  $\tau_0 - 3$ ,  $\tau_0 - 2$ ,  $\tau_0 - 1$  и  $t_{\min}$ ,  $f_0$ ,  $d_0$  за даты  $\tau_0 - 2$ ,  $\tau_0 - 1$ ,  $\tau_0$  ( $\tau_0$  — дата расчета элементов погоды по метеорологическим суткам — дата исходного дня). Процедура EXTREM запускается один раз в сутки после поступления в оперативную базу данных информации за срок 0 ч СГВ. При наличии признака 9999 для какой-либо станции прогноз соответствующего элемента погоды на этой станции не рассчитывается.

Процедура REDING предназначена для отбора прогностических полей ЕЦСПП (ECFM, Рединг, часть С) из ОБД комплекса ГИС—Метео и записи этих полей в набор данных последовательного доступа REDING.TXT. Из ОБД выбираются поля объективного анализа за дату  $\tau_0 - 1$  (прогноз с заблаговременностью 00) и прогноза с заблаговременностью до 144 ч с шагом 24 ч трех метеозадаваемых — приземного давления ( $P_0$ ), геопотенциала поверхности 500 гПа ( $H_{500}$ ) и температуры воздуха на поверхности 850 гПа ( $T_{850}$ ) на срок 12 ч СГВ ( $\tau_0$  — текущая дата расчета прогноза по местному времени). Перечисленные поля, заданные значениями  $P_0$ ,  $H_{500}$ ,  $T_{850}$  в регулярной сетке точек  $5 \times 5^\circ$  для района, ограниченного координатами  $90-180^\circ$  в. д. и  $20-90^\circ$  с. ш. (часть С), записываются в набор данных последовательного доступа REDING.TXT в форматном виде, так что при необходимости его можно просмотреть с экрана дисплея. Отсутствие информации в ИД REDING.TXT кодируется числом 9999.

Процедура GELLA осуществляет считывание информации из файла REDING.TXT, анализ и восстановление отсутствующей информации в наборе данных HPP.TXT. Процедура восстановления отсутствующих данных состоит из двух уровней. Сначала проводится попытка заме

нить отсутствующие в текущей серии прогнозы данными, взятыми из предыдущей серии большей заблаговременности. Здесь допускается сдвиг по заблаговременности прогноза только на один шаг, т. е. замена, например,  $X(\tau_0 - 1, 24)$  на  $X(\tau_0 - 2, 48)$ , где  $X$  — любой из перечисленных метеозаписей,  $\tau_0$  — дата расчета прогноза. После первого уровня восстановления — замены, если отсутствие информации все еще наблюдается, осуществляется интерполяция значений метеозаписей с соседних сроков прогноза на отсутствующий срок для заблаговременности 24—120 ч или экстраполяция на срок 144 ч, т. е.

$$X(\tau_0 - 1, IS) = \frac{X(\tau_0 - 1, IS - 24) + X(\tau_0 - 1, IS + 24)}{2} \quad (6.2)$$

для  $IS = 24, 48, 72, 96, 120$  ч и

$$X(\tau_0 - 1, 144) = X(\tau_0 - 1, 120). \quad (6.3)$$

Отметим, что интерполяция и экстраполяция с использованием замены, т. е.  $X(\tau_0 - 2, \dots)$  в правой части (6.2) и (6.3), не допускаются.

В результате работы процедуры GELLA константы отсутствия данных 9999 (если они были) в файле HPP.TXT заменяются наличием информации, а в верхней строке, над полем информации каждого из элементов для каждой заблаговременности проставляется индекс уровня информации:

$R$  — реальная, т. е. значения метеозаписей, проинтерполированные из регулярной сетки точек полей прогнозов ЕЦСПП указанной даты;

$Z$  — замена (замена значения прогнозом большей заблаговременности);

$I$  — интерполяция;

$E$  — экстраполяция.

Если константы отсутствия данных о каком-либо метеозаписи с заблаговременностью  $IS$  все еще остаются в наборе данных HPP.TXT после работы процедуры GELLA, то прогноз элементов погоды может быть рассчитан только с заблаговременностью  $\{(IS/24) - 2\}$  суток от даты  $\tau_0$ . Так, например, при  $X(\tau_0 - 1, 96) = 9999$  можно рассчитать прогноз элементов погоды с заблаговременностью до 2 сут. Вообще говоря, алгоритм допускает расчет при любом объеме отсутствующей информации о прогнозах ЕЦСПП, так как значение 9999 выходит за рамки выборки любого метеозаписи. Даже при полном отсутствии информации алгоритм может работать, а методы прогноза будут давать

для  $t_{\text{экс}}$  инерционный или климатический прогноз в зависимости от варианта модели, для скорости и направления приземного ветра — инерционный прогноз, для осадков — прогноз „без осадков”. Однако в оперативный вариант программы внесены разумные ограничения на возможность расчета элементов погоды в зависимости от наличия прогностических полей ГДМА.

### **6.3. Пакеты программ, реализующих алгоритм построения расчетных уравнений, и система фиксации результатов прогноза**

Пакет программ, реализующих алгоритм построения расчетных уравнений, написан на языке Фортран 77 для ПЭВМ. Он состоит из комплекта подпрограмм общего назначения и трех управляющих программ, которые в данной главе мы будем называть общим именем MAIN: HOLODK для прогноза  $t_{\text{экс}}$ , WINDUS для прогноза скорости  $f_0$  и направления  $d_0$  приземного ветра, OSADKI для прогноза наличия и количества осадков  $Q$ . Все управляющие программы имеют единую структуру и реализуют собственно метод прогноза конкретного элемента погоды. Блок-схема управляющей программы представлена на рис. 13.

Комплекс общего назначения состоит из 11 программных модулей, оформленных как SUBROUTINE. Часть подпрограмм имеет некоторые вариации в зависимости от прогнозируемого элемента.

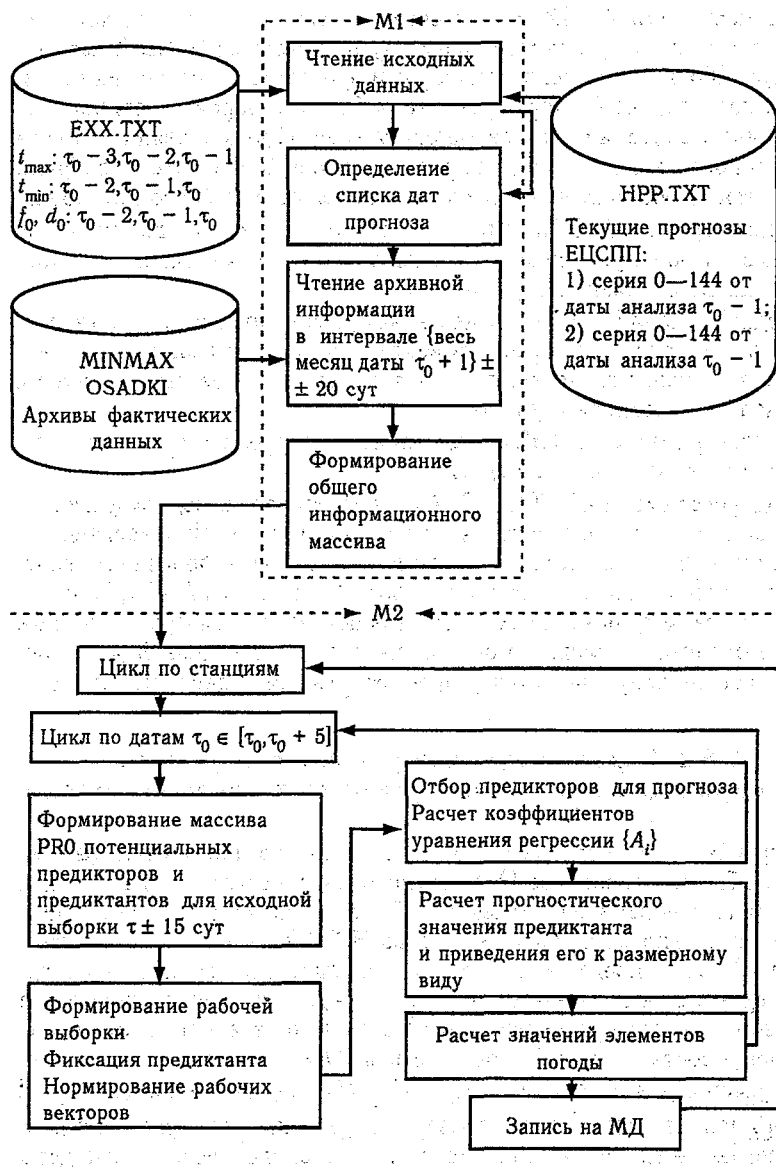
#### **6.3.1. Комплекс программ общего назначения**

Подпрограмма SPDAT осуществляет расчет списка календарных дат прогноза по местному времени.

Подпрограмма PREDIK предназначена для расчета векторов потенциальных предикторов и предиктантов для исходной выборки ( $\tau \pm 15$  дней) и занесения их в массив исходной информации PRO.

Подпрограмма GRANI служит для расчета контрольных точек  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  размаха выборки той термической характеристики, по которой определяется тип ВМ в данном методе прогноза: для  $t_{\text{экс}}(\tau)$  это выборка  $t_{\text{экс}}(\tau - 1)$ , для прогноза осадков это выборка  $T_{850}(\tau)$ . Для прогноза скорости  $f_0$  и направления  $d_0$  приземного ветра деление на типы ВМ не используется, и подпрограмма GRANI в сборке WINDUS не фигурирует.





ис. 13. Блок-схема расчета прогностических значений элементов локальной погоды на 0—5 сут (программа MAIN).

Подпрограмма PREDGR осуществляет фиксацию предиктанта по порядковому номеру, присвоенному ему в программе PREDIK; формирование рабочих выборок предикторов и предиктанта; расчет их статистических характеристик; нормирование рабочих выборок — приведение выборочных значений к безразмерному виду. Сформированные таким образом нормированные вектора рабочих выборок заносятся в рабочий массив так, чтобы вектор предиктанта располагался в первом столбце.

Подпрограмма OTBOR выполняет отбор предикторов для прогноза согласно алгоритму, описанному в главе 1, и рассчитывает значения коэффициентов уравнения регрессии.

Подпрограмма PROGN осуществляет расчет прогностического значения предиктанта путем свертки вектора регрессионных коэффициентов с оперативными значениями предикторов и приведения значения предиктанта к размерному виду.

Подпрограмма OKRUGL осуществляет метеорологическое округление вещественных чисел до целых.

Подпрограммы PECAT1, PECAT2 выполняют вывод результатов прогноза в файл последовательного доступа, в который заносится информация о прогнозе заданного элемента погоды в форматном виде. При описании файла для различных сборок программы MAIN, соответствующих расчету различных элементов погоды, используются разные имена выходных файлов. По окончании расчета прогноза файл с прогностической продукцией можно просмотреть или вывести на печать.

### **6.3.2. Управляющая программа и особенности ее модификации для прогноза различных элементов погоды**

Управляющая программа MAIN разделена на две процедуры (см. рис. 13). Первая процедура (M1) осуществляет подготовку данных для прогноза (архивных и оперативных). При этом сначала по дате анализа для серии прогнозов ЕЦСПП из набора HPP.TXT с помощью подпрограммы SPDAT определяется список календарных дат прогноза:  $\tau_0$ ,  $\tau_0 + 1$ ,  $\tau_0 + 2$ ,  $\tau_0 + 3$ ,  $\tau_0 + 4$ ,  $\tau_0 + 5$ , где  $\tau_0$  — дата исходного дня (дня, в который проводится расчет прогноза). Под датой здесь подразумевается совокупность значений: год прогноза (IG), номер месяца в году (IM), номер дня в месяце (ID);  $\tau_0 = \{IG, IM, ID\}$ . Далее по дате  $\tau_0 + 1$  (первый день прогноза) рассчитывается временной интервал для данных, считываемых из архива, который составляет весь месяц даты  $\tau_0 + 1$  плюс 20 последних дней предыдущего месяца и 20 первых дней последующего месяца. Вся считываемая из архивов MINMAX и

СADKI информация в указанном интервале дат за 10 лет располагается в общем, информационном массиве. Далее к ней добавляется оперативная информация из наборов данных EXX.TXT и HPP.TXT в качестве одиннадцатого года (одиннадцатой строкой).

Вторая управляющая процедура (M2) начинается с цикла по станциям и датам. Тело программы внутри циклов осуществляет собственно прогноз заданного элемента погоды, согласно описанным методам. На первом шаге прогноза обращением к программе PREDIK рассчитываются все вектора потенциальных предикторов и предиктантов по исходной выборке ( $\tau_0 \pm 15$  дней). Значения рассчитываемых векторов записываются в массив, размерность которого рассчитана на  $KTO = KT + KX$  векторов длиной в 350 элементов, где  $KT$  — число потенциальных предикторов;  $KX$  — число предиктантов. Значения констант  $KT$  и  $KTO$  задаются в начале программы MAIN. Таким образом, после выполнения программы PREDIK в рабочем массиве располагаются исходные выборы всех потенциальных предикторов и предиктантов.

На втором шаге прогноза определяются признаки, по которым программой PREDGR из исходной выборки строится рабочая выборка. Эти признаки различны для разных элементов погоды, они фиксируются в программе MAIN и являются внешними параметрами подпрограмм GRANI и PREDGR. После построения рабочих выборок программа MAIN обращается к подпрограммам OTBOR и PROGN для расчета проностического значения заданного предиктанта. Второй шаг прогноза — обращение к подпрограммам GRANI, PREDGR, OTBOR, PROGN — повторяется для всех заданных предиктантов.

На третьем шаге прогноза по рассчитанным значениям предиктантов определяется значение прогнозируемого элемента погоды, которое фиксируется в выходном наборе данных.

## 6.4. Порядок расчета прогноза

Для расчета прогноза на ПЭВМ необходимо ежедневно в период с 00 ч 30 мин до 01 ч 00 мин СГВ запускать командный файл с именем C:\EXTREM\h.bat, располагаемый на рабочей станции АРМ комплекса ГИС—Метео. Расчет прогноза комплексом команд файла h.bat осуществляется в полном соответствии с блок-схемой рис. 12, посредством последовательного запуска процедур подготовки исходных данных (EXTREM, REDING, GELLA) и программ MAIN (M1, M2) для прогноза каждого из элементов погоды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная технология расчетов элементов локальной погоды на срок до 5 сут с детализацией по дням разработана в развитие системы взаимодействия человек — ЭВМ, создаваемой для территориальных УГМС Дальневосточного региона России. Она ориентирована на реальные условия работы синоптика-прогнозиста регионального или территориального гидрометцентра, имеющего в своем распоряжении прогностическую продукцию ГДМА, поступающую по каналам связи в коде ГРИД, вычислительную технику средней мощности и ограниченную зону обслуживания с характерными региональными особенностями атмосферных процессов и информационного обеспечения. Такая ориентация обусловила выбор концепции идеального прогноза для схем РЭП, позволяющей подключать технологию к прогностической продукции любой ГДМА при наличии только архива фактических данных. При этом методологическая основа построения схем прогноза элементов погоды в рамках разработанного алгоритма имеет весьма прозрачную логику и ориентирована на возможность извлечения максимума информации из весьма ограниченного спектра метеорологических характеристик (полей метеозадающих элементов). Технология доработки архивной информации (внесение изменений, добавление новых элементов или обновление во времени), а также расширение списка станций доступны любому специалисту-синоптику или метеорологу, внимательно ознакомившемуся с методическими указаниями.

В отличие от зарубежных систем взаимодействия человек — ЭВМ, в которых во главу угла ставится синоптическая корректировка результатов объективного анализа и последующая корректировка прогностических полей, чтобы оправдываемость имеющихся схем РЭП приближалась к уровню синоптических прогнозов, разработанная автором система ориентирована на вмешательство синоптика в основном на последнем этапе прогноза — при принятии решения о необходимости его синоптической корректировки. Решение основывается на объективных критериях, представленных в п. 2.4 (см. табл. 1). Такой подход неизбежно обусловлен отсутствием собственной ГДМА на средние сроки в арсенале информационно-технологических средств региональных и территориальных ГМЦ. Использование представленной технологии из-

бавит синоптика с небольшим опытом работы от грубых ошибок прогноза, а опытному специалисту экономит время, позволит уменьшить трудозатраты на выпуск прогноза, поможет в сложных ситуациях принять адекватное решение.

### *Краткие выводы и результаты*

1. В основу технологии положена объективная автоматизированная система построения статистических моделей для расчета значений элементов локальной погоды по прогностической продукции ГДМА, дающая максимум оправдываемости на заданной информационной базе и ориентированная на физико-географические условия Дальнего Востока. Система предназначена для построения моделей прогноза элементов и явлений локальной погоды, т. е. погоды в пункте прогноза, с детализацией по суткам и (или) полусуткам. Элементы и явления погоды задаются суточными или полусуточными числовыми характеристикам в историческом архиве. Максимальная заблаговременность прогнозов ограничивается доступной прогностической продукцией ГДМА. В представленной технологии используются прогностические поля ЕЦСПП, что обуславливает прогноз до пяти суток для Дальневосточного региона России на основе полей приземного давления, температуры на уровне 850 гПа и геопотенциала поверхности 500 гПа.

Система ориентирована на физико-географические условия Дальнего Востока России, для учета которых выполняется следующее:

- выбор временных границ исходной выборки  $\pm 15$  сут от даты прогноза;

- описание каждого физического влияющего фактора несколькими числовыми характеристиками;

- учет степени инерционности прогнозируемого элемента погоды посредством различных числовых предиктантов (элемент или его тенденция);

- деление исходной выборки по типам воздушных масс с использованием методики расчета границ подвыборки заданной ВМ таким образом, чтобы вероятность перехода из левого края выборки (холодные ВМ) в правый край выборки (теплые ВМ) за одни сутки равнялась нулю;

- использование в качестве критерия при построении моделей прогноза той разновидности контрольных прогнозов, которая имеет максимальную оправдываемость для данного элемента (явления) погоды на рассматриваемой территории.

Система представляет собой совокупность расчетных формул, логических правил и физических констант, применяемых в определенной последовательности и реализующих алгоритм построения оптимальных методик прогноза элементов или явлений погоды, дающих максимум оправдываемости на заданной информационной основе.

2. Технология реализует прогноз трех элементов погоды: экстремальной и среднесуточной температуры воздуха у земли, скорости и направления приземного ветра, наличия и количества осадков — и предназначена для составления прогноза общего пользования.

3. Для прогноза суточных экстремумов температуры воздуха у земли используется комплексация трех типов моделей с модификацией, ориентированной на ошибки в скорости развития атмосферных процессов над Дальневосточным регионом России в прогнозах ЕЦСПП, оцененные в процессе оперативных испытаний. Учет ошибок проводится в среднем по всем заблаговременностям (1—5 сут).

4. Возможности системы в отношении прогноза скорости и направления приземного ветра испытывались для значений этого элемента погоды на срок до 12 ч СГВ (синхронно с прогностическими полями ЕЦСПП). Исследования показали, что заданной информационной основы недостаточно для успешного прогнозирования резких изменений скорости и направления ветра в течение одних суток. В качестве предиктантов для прогноза этого элемента погоды рекомендуется использовать временные тенденции зонального и меридионального компонентов.

5. Метод прогноза наличия и количества осадков предназначен для предвычисления суточных и полусуточных сумм осадков в пункте прогноза. Здесь используется детализация исходных выборок по типам воздушных масс, определяемым по температуре на уровне 850 гПа, и по типам текущих процессов, определяемым по суточным тенденциям толщины слоев 1000—500 и 850—500 гПа. Согласно результатам авторских исследований, представленным типам текущих процессов соответствуют вполне определенные типы осадков (если они наблюдались), с которыми связаны их продолжительность и интенсивность. Эти исследования положены в основу метода прогноза осадков, состоящего из трех этапов: расчета потенциального количества ночных, дневных и суточных сумм осадков; определения наличия осадков путем сравнения полученного количества с заранее рассчитанным по независимым архивным выборкам дискриминантным уровнем; согласования градаций суточных и полученных сумм осадков.

6. Технологическая линия прогноза реализована на ПЭВМ и может быть установлена в любом территориальном УГМС Дальневосточного региона России, имеющем комплекс ГИС-Метео/ЛАССО.

7. Методы и оперативная технология испытывались в Дальневосточном УГМС и рекомендованы к использованию в оперативной практике.

8. Технология снабжена объективной методикой определения степени надежности прогнозов при использовании прогностической продукции ЕЦСПП для расчета оперативных значений предикторов и рекомендациями по комплексации с синоптическими прогнозами, основанными в южных районах Дальнего Востока России преимущественно на интерпретации прогностических полей Японского метеорологического агентства (Токио).

В заключение автор выражает глубокую признательность администрации Дальневосточного УГМС и ДВ РГМЦ за всемерную помощь при проведении испытаний, сотрудникам кафедры метеорологии Дальневосточного государственного университета д-ру геогр. наук, профессору Г. В. Свинухову и канд. геогр. наук Б. П. Кривенко за внимание к работе, ценные советы и замечания, а также научному руководителю работы д-ру физ.-мат. наук, профессору П. П. Васильеву и научному консультанту д-ру геогр. наук В. П. Тунеголовцу.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение

**Оправдываемость прогнозов экстремальных температур ( $t_{\min}/t_{\max}$ ),  
осредненная по 12 станциям Амурской области и Хабаровского края  
(1991—1993 гг.)**

| Заблаговре-<br>ренность | Метод<br>прогноза* | Зима       |            | Весна      |            | Лето       |            | Осень      |            |
|-------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                         |                    | $t_{\min}$ | $t_{\max}$ | $t_{\min}$ | $t_{\max}$ | $t_{\min}$ | $t_{\max}$ | $t_{\min}$ | $t_{\max}$ |
| 24 ч                    | 1                  | 62         | 60         | 81         | 69         | 90         | 67         | 83         | 78         |
|                         | 2                  | 85         | 88         | 92         | 83         | 97         | 85         | 94         | 82         |
|                         | 3                  | 83         | 88         | 89         | 87         | 94         | 83         | 92         | 87         |
| 48 ч                    | 1                  | 47         | 65         | 70         | 57         | 86         | 52         | 74         | 60         |
|                         | 2                  | 82         | 82         | 87         | 86         | 97         | 88         | 92         | 87         |
|                         | 3                  | 77         | 77         | 87         | 82         | 96         | 82         | 89         | 84         |
| 72 ч                    | 1                  | 54         | 58         | 69         | 61         | 77         | 56         | 58         | 62         |
|                         | 2                  | 72         | 83         | 90         | 82         | 95         | 76         | 90         | 87         |
|                         | 3                  | 71         | 82         | 85         | 77         | 92         | 74         | 80         | 87         |
| 96 ч                    | 1                  | 46         | 45         | 65         | 55         | 74         | 51         | 61         | 55         |
|                         | 2                  | 73         | 86         | 87         | 77         | 92         | 73         | 87         | 86         |
|                         | 3                  | 72         | 73         | 84         | 74         | 88         | 67         | 84         | 80         |
| 120 ч                   | 1                  | 45         | 52         | 62         | 56         | 73         | 54         | 60         | 56         |
|                         | 2                  | 75         | 89         | 86         | 77         | 91         | 75         | 87         | 78         |
|                         | 3                  | 71         | 80         | 82         | 71         | 84         | 74         | 85         | 82         |
| В среднем<br>за 1—5 сут | 1                  | 51         | 56         | 69         | 60         | 80         | 56         | 67         | 59         |
|                         | 2                  | 77         | 86         | 88         | 81         | 94         | 80         | 90         | 84         |
|                         | 3                  | 74         | 79         | 86         | 78         | 91         | 76         | 86         | 84         |

\* 1 — инерционный прогноз; 2 — усовершенствованная, адаптированная к территории Дальнего Востока модель ЗапСибНИИ; 3 — прогнозы, поступающие в ДВ УГМС из Росгидрометцентра (метод П. П. Васильева).



**Пример увеличения обеспеченности прогнозов  $t_{\min}$  для моделей различного уровня сложности, разработанных на единой информационной основе (ноябрь—март 1975—1984 гг.)**

| № п/п | Станция               | Р % |    |    |
|-------|-----------------------|-----|----|----|
|       |                       | М1  | М2 | М3 |
| 1     | Хабаровск             | 74  | 79 | 82 |
| 2     | Тында                 | 63  | 66 | 69 |
| 3     | Зея                   | 66  | 68 | 74 |
| 4     | Благовещенск          | 77  | 79 | 82 |
| 5     | Облучье               | 72  | 77 | 80 |
| 6     | Екатерино-Никольское  | 75  | 80 | 82 |
| 7     | Нелькан               | 58  | 63 | 65 |
| 8     | Аян                   | 79  | 83 | 86 |
| 9     | Чегдомын              | 74  | 78 | 80 |
| 10    | Николаевск            | 73  | 78 | 80 |
| 11    | Комсомольск           | 57  | 62 | 65 |
| 12    | Советская Гавань      | 74  | 79 | 81 |
|       | Среднее по территории | 70  | 74 | 77 |

М1 — модифицированная, адаптированная к территории Дальнего Востока модель ЗапСибНИИ (автор И. В. Майорова [53]).

Модели с делением выборки на классы непересекающихся событий по тенденции температуры на поверхности 850 гПа (автор Е. М. Вербицкая [32]).

М2 — модель с фиксированным набором предикторов, отобранных по принципу минимизации числа ошибочных прогнозов, в отличие от М1, где выбор предикторов производился по уровню парной корреляции предикторов с предиктантом и ряду априорных физических соображений. Предикторами в М2 являлись следующие величины:

$$\Delta P_0(\tau + 1) = P_0(\tau + 1) - P_0(\tau); \quad \Delta H_{500}(\tau + 1) = H_{500}(\tau + 1) - H_{500}(\tau);$$

$$\Delta T_{850}(\tau) = T_{850}(\tau) - T_{850}(\tau - 1); \quad U_{500}(\tau); V_{500}(t).$$

М3 — модель с переменным набором предикторов, выбираемых из списка потенциальных предикторов по принципу минимизации числа прогнозов. Полный список из 21 предиктора представлен в [32]. Он сформирован на основе современных представлений о факторах, влияющих на процесс формирования  $t_{\text{экс}}$ . Количественное описание этих факторов базировалось на анализе разностной аппроксимации уравнения статики и притока тепла с учетом возможностей имеющейся информационной базы данных.

**Список потенциальных предикторов. Формирование серий предикторов.  
Нумерация векторов предикторов в массиве программы прогноза.  
Первый вектор — предиктант**

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                | Идентификатор<br>предиктора  | Номер и наименование серии. Вид предиктора              | №<br>п/п |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|----------|
| <b>Физические влияющие факторы</b>                      |                              |                                                         |          |
| <i>1. Исходные температуры воздуха у земли</i>          |                              |                                                         |          |
| (1.1)                                                   | $T_{\min}(\tau - 1)$         | $t_{\min}(\tau - 1)$                                    | 2        |
| (1.2)                                                   | $T_{\min}(\tau - 1,5)$       | $t_{\min}(\tau - 1) + t_{\min}(\tau - 2)$               | 3        |
| (1.3)                                                   | $T_{\max}(\tau - 1)$         | $t_{\max}(\tau - 1)$                                    | 4        |
| (1.4)                                                   | $T_{\max}(\tau - 1,5)$       | $t_{\max}(\tau - 1) + t_{\max}(\tau - 2)$               | 5        |
| (1.5)                                                   | $TS(\tau - 1)$               | $t_{\min}(\tau - 1) + t_{\max}(\tau - 1)$               | 6        |
| (1.6)                                                   | $TS(\tau - 1,5)$             | $T_{\min}(\tau - 1,5) + T_{\max}(\tau - 1,5)$           | 7        |
| <i>2. Тенденции исходных температур воздуха у земли</i> |                              |                                                         |          |
| (2.1)                                                   | $\Delta T_{\min}(\tau - 1)$  | $t_{\min}(\tau - 1) - t_{\min}(\tau - 2)$               | 8        |
| (2.2)                                                   | $\Delta T_{\min}(\tau - 2)$  | $t_{\min}(\tau - 1) - t_{\min}(\tau - 3)$               | 9        |
| (2.3)                                                   | $\Delta T_{\max}(\tau - 1)$  | $t_{\max}(\tau - 1) - t_{\max}(\tau - 2)$               | 10       |
| (2.4)                                                   | $\Delta T_{\max}(\tau - 2)$  | $t_{\max}(\tau - 1) - t_{\max}(\tau - 3)$               | 11       |
| (2.5)                                                   | $\Delta TS(\tau - 1)$        | $\Delta T_{\min}(\tau - 1) + \Delta T_{\max}(\tau - 1)$ | 12       |
| (2.6)                                                   | $\Delta TS(\tau - 2)$        | $\Delta T_{\min}(\tau - 2) + \Delta T_{\max}(\tau - 2)$ | 13       |
| <i>3. Температуры на уровне 850 гПа</i>                 |                              |                                                         |          |
| (3.1)                                                   | $T_{850}(\tau)$              | $T_{850}(\tau)$                                         | 14       |
| (3.2)                                                   | $T_{850}(\tau - 1)$          | $T_{850}(\tau - 1)$                                     | 15       |
| (3.3)                                                   | $T_{850}(\tau - 0,5)$        | $T_{850}(\tau) + T_{850}(\tau - 1)$                     | 16       |
| (3.4)                                                   | $TS_{850}(\tau - 1)$         | $T_{850}(\tau) + T_{850}(\tau - 2)$                     | 17       |
| <i>4. Тенденции температуры на уровне 850 гПа</i>       |                              |                                                         |          |
| (4.1)                                                   | $\Delta T_{850}(\tau)$       | $T_{850}(\tau) - T_{850}(\tau - 1)$                     | 18       |
| (4.2)                                                   | $\Delta T_{850}(\tau - 1)$   | $T_{850}(\tau) - T_{850}(\tau - 2)$                     | 19       |
| (4.3)                                                   | $\Delta T_{850}(\tau - 1,5)$ | $T_{850}(\tau - 1) - T_{850}(\tau - 2)$                 | 20       |
| (4.4)                                                   | $\Delta T_{850}(\tau - 2)$   | $T_{850}(\tau - 1) - T_{850}(\tau - 3)$                 | 21       |

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                          | Идентификатор<br>предиктора       | Номер и наименование серии. Вид предиктора           | №<br>п/п |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|----------|
| <i>5. Приземное давление (<math>P_0</math>)</i>                   |                                   |                                                      |          |
| (5.1)                                                             | $P_0(\tau)$                       | $P_0(\tau)$                                          | 22       |
| (5.2)                                                             | $P_0(\tau - 1)$                   | $P_0(\tau - 1)$                                      | 23       |
| (5.3)                                                             | $P_0(\tau - 0,5)$                 | $P_0(\tau) + P_0(\tau - 1)$                          | 24       |
| (5.4)                                                             | $SP_0(\tau - 1)$                  | $P_0(\tau) + P_0(\tau - 2)$                          | 25       |
| <i>6. Тенденции приземного давления</i>                           |                                   |                                                      |          |
| (6.1)                                                             | $\Delta P_0(\tau)$                | $P_0(\tau) - P_0(\tau - 1)$                          | 26       |
| (6.2)                                                             | $\Delta SP_0(\tau - 1)$           | $P_0(\tau) - P_0(\tau - 2)$                          | 27       |
| (6.3)                                                             | $\Delta P_0(\tau - 1,5)$          | $P_0(\tau - 1) - P_0(\tau - 2)$                      | 28       |
| (6.4)                                                             | $\Delta SP_0(\tau - 2)$           | $P_0(\tau - 1) - P_0(\tau - 3)$                      | 29       |
| <i>7. Геопотенциал поверхности 500 гПа</i>                        |                                   |                                                      |          |
| (7.1)                                                             | $H_{500}(\tau)$                   | $H_{500}(\tau)$                                      | 30       |
| (7.2)                                                             | $H_{500}(\tau - 1)$               | $H_{500}(\tau - 1)$                                  | 31       |
| (7.3)                                                             | $H_{500}(\tau - 0,5)$             | $H_{500}(\tau) + H_{500}(\tau - 1)$                  | 32       |
| (7.4)                                                             | $SH_{500}(\tau - 1)$              | $H_{500}(\tau) + H_{500}(\tau - 2)$                  | 33       |
| <i>8. Тенденции геопотенциала поверхности 500 гПа</i>             |                                   |                                                      |          |
| (8.1)                                                             | $\Delta H_{500}(\tau)$            | $H_{500}(\tau) - H_{500}(\tau - 1)$                  | 34       |
| (8.2)                                                             | $\Delta SH_{500}(\tau - 1)$       | $H_{500}(\tau) - H_{500}(\tau - 2)$                  | 35       |
| (8.3)                                                             | $\Delta H_{500}(\tau - 1,5)$      | $H_{500}(\tau - 1) - H_{500}(\tau - 2)$              | 36       |
| (8.4)                                                             | $\Delta SH_{500}(\tau - 2)$       | $H_{500}(\tau - 1) - H_{500}(\tau - 3)$              | 37       |
| <i>9. Относительный геопотенциал <math>OT_{1000}^{500}</math></i> |                                   |                                                      |          |
| (9.1)                                                             | $OT_{1000}^{500}(\tau)$           | $\ln 2 \frac{H_{500}(\tau)}{\ln(P_0(\tau)/500)}$     | 38       |
| (9.2)                                                             | $OT_{1000}^{500}(\tau - 1)$       | $OT_{1000}^{500}(\tau - 1)$                          | 39       |
| (9.3)                                                             | $OT_{1000}^{500}(\tau - 1, \tau)$ | $\ln 2 \frac{H_{500}(\tau - 1)}{\ln(P_0(\tau)/500)}$ | 40       |
| (9.4)                                                             | $OT_{1000}^{500}(\tau, \tau - 1)$ | $\ln 2 \frac{H_{500}(\tau)}{\ln(P_0(\tau - 1)/500)}$ | 41       |

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                                              | Идентификатор<br>предиктора                                                       | Номер и наименование серии. Вид предиктора                                                                    | №<br>п/п |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <i>10. Тенденции относительного геопотенциала <math>\text{OT}_{1000}^{500}</math></i> |                                                                                   |                                                                                                               |          |
| (10.1)                                                                                | $\Delta \text{OT}_{1000}^{500}(\tau)$                                             | $\text{OT}_{1000}^{500}(\tau) - \text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 1)$                                             | 42       |
| (10.2)                                                                                | $\Delta \text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 1)$                                         | $\text{OT}_{1000}^{500}(\tau) - \text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 2)$                                             | 43       |
| (10.3)                                                                                | $\Delta \text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 1,5)$                                       | $\text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 1) - \text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 2)$                                         | 44       |
| (10.4)                                                                                | $\Delta \text{OT}_{1000}^{500}\left(\frac{\tau - 1, \tau}{\tau, \tau - 1}\right)$ | $\text{OT}_{1000}^{500}(\tau - 1, \tau) - \text{OT}_{1000}^{500}(\tau, \tau - 1)$                             | 45       |
| <i>11. Вертикальный градиент температуры в нижнем слое</i>                            |                                                                                   |                                                                                                               |          |
| (11.1)                                                                                | $I(\tau - 1)$                                                                     | $T_{850}(\tau - 2) + T_{850}(\tau - 1) - T_{\min}(\tau - 1)$                                                  | 46       |
| (11.2)                                                                                | $I(\tau - 1,5)$                                                                   | $I(\tau - 1) - I(\tau - 2) = I(\tau - 1) - T_{850}(\tau - 3) -$<br>$- T_{850}(\tau - 2) + T_{\min}(\tau - 2)$ | 47       |
| (11.3)                                                                                | $II(\tau - 1)$                                                                    | $T_{850}(\tau - 2) - T_{\min}(\tau - 1)$                                                                      | 48       |
| (11.4)                                                                                | $I2(\tau - 1)$                                                                    | $T_{850}(\tau) + T_{850}(\tau - 1) - T_{\max}(\tau - 1)$                                                      | 49       |
| <i>12. Тенденции вертикальных градиентов температуры в нижнем слое</i>                |                                                                                   |                                                                                                               |          |
| (12.1)                                                                                | $\Delta I1(\tau - 1)$                                                             | $I1(\tau - 1) - I1(\tau - 2)$                                                                                 | 50       |
| (12.2)                                                                                | $\Delta I2(\tau - 1)$                                                             | $I2(\tau - 1) - I2(\tau - 2)$                                                                                 | 51       |
| <i>13. Скорость ветра у земли</i>                                                     |                                                                                   |                                                                                                               |          |
| (13.1)                                                                                | $U_0(\tau)$                                                                       | $U_0(\tau)$                                                                                                   | 52       |
| (13.2)                                                                                | $V_0(\tau)$                                                                       | $V_0(\tau)$                                                                                                   | 53       |
| (13.3)                                                                                | $M_0(\tau)$                                                                       | $\sqrt{V_0^2(\tau) + U_0^2(\tau)}$                                                                            | 54       |
| (13.4)                                                                                | $U_0(\tau - 1)$                                                                   | $U_0(\tau - 1)$                                                                                               | 55       |
| (13.5)                                                                                | $V_0(\tau - 1)$                                                                   | $V_0(\tau - 1)$                                                                                               | 56       |
| (13.6)                                                                                | $M_0(\tau - 1)$                                                                   | $M_0(\tau - 1)$                                                                                               | 57       |
| (13.7)                                                                                | $U_0(\tau - 0,5)$                                                                 | $U_0(\tau) + U_0(\tau - 1)$                                                                                   | 58       |
| (13.8)                                                                                | $V_0(\tau - 0,5)$                                                                 | $V_0(\tau) + V_0(\tau - 1)$                                                                                   | 59       |
| (13.9)                                                                                | $M_0(\tau - 0,5)$                                                                 | $M_0(\tau) + M_0(\tau - 1)$                                                                                   | 60       |
| (13.10)                                                                               | $U02(\tau)$                                                                       | $U_0(\tau) - V_0(\tau)$                                                                                       | 61       |
| (13.11)                                                                               | $U02(\tau - 1)$                                                                   | $U_0(\tau - 1) - V_0(\tau - 1)$                                                                               | 62       |

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                               | Идентификатор<br>предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора | №<br>п/п |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|----------|
| <i>14. Тенденции скорости ветра у земли</i>                            |                             |                                            |          |
| (14.1)                                                                 | $\Delta U_0(\tau)$          | $U_0(\tau) - U_0(\tau - 1)$                | 63       |
| (14.2)                                                                 | $\Delta V_0(\tau)$          | $V_0(\tau) - V_0(\tau - 1)$                | 64       |
| (14.3)                                                                 | $\Delta M_0(\tau)$          | $M_0(\tau) - M_0(\tau - 1)$                | 65       |
| (14.4)                                                                 | $\Delta U_{02}(\tau)$       | $U_{02}(\tau) - U_{02}(\tau - 1)$          | 66       |
| <i>15. Скорость геострофического ветра на поверхности 500 гПа</i>      |                             |                                            |          |
| (15.1)                                                                 | $U_{50}(\tau)$              | $U_{500}(\tau)$                            | 67       |
| (15.2)                                                                 | $V_{50}(\tau)$              | $V_{500}(\tau)$                            | 68       |
| (15.3)                                                                 | $M_{50}(\tau)$              | $M_{500}(\tau)$                            | 69       |
| (15.4)                                                                 | $U_{50}(\tau - 1)$          | $U_{500}(\tau - 1)$                        | 70       |
| (15.5)                                                                 | $V_{50}(\tau - 1)$          | $V_{500}(\tau - 1)$                        | 71       |
| (15.6)                                                                 | $M_{50}(\tau - 1)$          | $M_{500}(\tau - 1)$                        | 72       |
| (15.7)                                                                 | $U_{50}(\tau - 0,5)$        | $U_{500}(\tau) + U_{500}(\tau - 1)$        | 73       |
| (15.8)                                                                 | $V_{50}(\tau - 0,5)$        | $V_{500}(\tau) + V_{500}(\tau - 1)$        | 74       |
| (15.9)                                                                 | $M_{50}(\tau - 0,5)$        | $M_{500}(\tau) + M_{500}(\tau - 1)$        | 75       |
| (15.10)                                                                | $U_{52}(\tau)$              | $U_{500}(\tau) - V_{500}(\tau)$            | 76       |
| (15.11)                                                                | $U_{52}(\tau - 1)$          | $U_{500}(\tau - 1) - V_{500}(\tau - 1)$    | 77       |
| <i>16. Тенденция скорости геострофического ветра на уровне 500 гПа</i> |                             |                                            |          |
| (16.1)                                                                 | $\Delta U_{50}(\tau)$       | $U_{500}(\tau) - U_{500}(\tau - 1)$        | 78       |
| (16.2)                                                                 | $\Delta V_{50}(\tau)$       | $V_{500}(\tau) - V_{500}(\tau - 1)$        | 79       |
| (16.3)                                                                 | $\Delta M_{50}(\tau)$       | $M_{500}(\tau) - M_{500}(\tau - 1)$        | 80       |
| (16.4)                                                                 | $\Delta U_{52}(\tau)$       | $U_{52}(\tau) - U_{52}(\tau - 1)$          | 81       |
| <b>Нелинейные компоненты</b>                                           |                             |                                            |          |
| <i>17. Компоненты адвекции температуры в нижнем слое</i>               |                             |                                            |          |
| (17.1)                                                                 |                             | $P_0(\tau) \times T_{850}(\tau - 1)$       | 82       |
| (17.2)                                                                 |                             | $P_0(\tau) \times T_{850}(\tau + 1)$       | 83       |
| (17.3)                                                                 |                             | $P_0(\tau) \times T_{850}(\tau)$           | 84       |
| (17.4)                                                                 |                             | $P_0(\tau - 1) \times T_{850}(\tau)$       | 85       |
| (17.5)                                                                 |                             | $P_0(\tau + 1) \times T_{850}(\tau)$       | 86       |

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                              | Идентификатор<br>предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора                 | №<br>п/п |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|
| <i>18. Компоненты адвекции температуры в верхнем слое</i>             |                             |                                                            |          |
| (18.1)                                                                |                             | $H_{500}(\tau) \times T_{850}(\tau - 1)$                   | 87       |
| (18.2)                                                                |                             | $H_{500}(\tau) \times T_{850}(\tau + 1)$                   | 88       |
| (18.3)                                                                |                             | $H_{500}(\tau) \times T_{850}(\tau)$                       | 89       |
| (18.4)                                                                |                             | $H_{500}(\tau - 1) \times T_{850}(\tau)$                   | 90       |
| (18.5)                                                                |                             | $H_{500}(\tau + 1) \times T_{850}(\tau)$                   | 91       |
| <i>19. <math>\Delta P_0 \leftrightarrow \Delta T_{850}</math></i>     |                             |                                                            |          |
| (19.1)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$     | 92       |
| (19.2)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta T_{850}(\tau)$             | 93       |
| (19.3)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$         | 94       |
| (19.4)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$         | 95       |
| <i>20. <math>\Delta P_0 \leftrightarrow \Delta H_{500}</math></i>     |                             |                                                            |          |
| (20.1)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta H_{500}(\tau - 1)$     | 96       |
| (20.2)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta H_{500}(\tau)$             | 97       |
| (20.3)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta H_{500}(\tau)$         | 98       |
| (20.4)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta H_{500}(\tau - 1)$         | 99       |
| <i>21. <math>\Delta H_{500} \leftrightarrow \Delta T_{850}</math></i> |                             |                                                            |          |
| (21.1)                                                                |                             | $\Delta H_{500}(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$ | 100      |
| (21.2)                                                                |                             | $\Delta H_{500}(\tau) \times \Delta T_{850}(\tau)$         | 101      |
| (21.3)                                                                |                             | $\Delta H_{500}(\tau) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$     | 102      |
| (21.4)                                                                |                             | $\Delta H_{500}(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$     | 103      |
| <i>22. <math>\Delta P_0 \leftrightarrow M_0, \Delta M_0</math></i>    |                             |                                                            |          |
| (22.1)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times M_0(\tau - 1)$                | 104      |
| (22.2)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times M_0(\tau)$                    | 105      |
| (22.3)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta M_0(\tau - 1)$             | 106      |
| (22.4)                                                                |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta M_0(\tau)$                 | 107      |

| Серия,<br>номер<br>(с.н)                                                             | Идентификатор<br>предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора                | №<br>п/п |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|
| 23. $\Delta P_0 \leftrightarrow \Delta U02$                                          |                             |                                                           |          |
| (23.1)                                                                               |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta U02(\tau - 1)$        | 108      |
| (23.2)                                                                               |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta U02(\tau)$                | 109      |
| (23.3)                                                                               |                             | $\Delta P_0(\tau - 1) \times \Delta U02(\tau)$            | 110      |
| (23.4)                                                                               |                             | $\Delta P_0(\tau) \times \Delta U02(\tau - 1)$            | 111      |
| 24. $\Delta T_{850} \leftrightarrow \Delta M_0, \Delta U02$                          |                             |                                                           |          |
| (24.1)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau - 1) \times \Delta M_0(\tau)$        | 112      |
| (24.2)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau) \times \Delta M_0(\tau)$            | 113      |
| (24.3)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau - 1) \times \Delta U02(\tau)$        | 114      |
| (24.4)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau) \times \Delta U02(\tau)$            | 115      |
| 25. $\Delta T_{850} \leftrightarrow \Delta M_{500}, \Delta U52$                      |                             |                                                           |          |
| (25.1)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau - 1) \times \Delta M_{500}(\tau)$    | 116      |
| (25.2)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau) \times \Delta M_{500}(\tau)$        | 117      |
| (25.3)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau - 1) \times \Delta U52(\tau)$        | 118      |
| (25.4)                                                                               |                             | $\Delta T_{850}(\tau) \times \Delta U52(\tau)$            | 119      |
| 26. $\Delta H_{500} \leftrightarrow M_{500}$                                         |                             |                                                           |          |
| (26.1)                                                                               |                             | $\Delta H_{500}(\tau - 1) \times M_{500}(\tau - 1)$       | 120      |
| (26.2)                                                                               |                             | $\Delta H_{500}(\tau) \times M_{500}(\tau)$               | 121      |
| (26.3)                                                                               |                             | $\Delta H_{500}(\tau - 1) \times M_{500}(\tau)$           | 122      |
| (26.4)                                                                               |                             | $\Delta H_{500}(\tau) \times M_{500}(\tau - 1)$           | 123      |
| 27. $OT_{1000}^{500}, \Delta OT_{1000}^{500} \leftrightarrow \Delta M_0, \Delta U02$ |                             |                                                           |          |
| (27.1)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau) \times \Delta M_0(\tau)$           | 124      |
| (27.2)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau) \times \Delta U02(\tau)$           | 125      |
| (27.3)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau - 1, \tau) \times \Delta M_0(\tau)$ | 126      |
| (27.4)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau - 1, \tau) \times \Delta U02(\tau)$ | 127      |
| (27.5)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau, \tau - 1) \times \Delta M_0(\tau)$ | 128      |
| (27.6)                                                                               |                             | $OT_{1000}^{500}(\tau, \tau - 1) \times \Delta U02(\tau)$ | 129      |

| Серия,<br>номер<br>(с.н) | Идентификатор<br>предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора                             | №<br>п/п |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
|                          |                             | 28. $\Delta T_{\min}(\tau - 1) \leftrightarrow \Delta M_0, \Delta U02$ |          |
| (28.1)                   |                             | $\Delta T_{\min}(\tau - 1) \times \Delta M_0(\tau)$                    | 130      |
| (28.2)                   |                             | $\Delta T_{\min}(\tau - 1) \times \Delta U02(\tau)$                    | 131      |
|                          |                             | 29. $I, \Delta I \leftrightarrow M0, \Delta M0, U02, \Delta U02$       |          |
| (29.1)                   |                             | $I(\tau - 1) \times M_0(\tau)$                                         | 132      |
| (29.2)                   |                             | $I(\tau - 1) \times U02(\tau)$                                         | 133      |
| (29.3)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta M_0(\tau)$                           | 134      |
| (29.4)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta U02(\tau)$                           | 135      |
| (29.5)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times [M_0(\tau) + M_0(\tau - 1)]$                | 136      |
| (29.6)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times U02(\tau)$                                  | 137      |
| (29.7)                   |                             | $I2(\tau - 1) \times M_0(\tau)$                                        | 138      |
|                          |                             | 30. $I, \Delta I \leftrightarrow \Delta P_0$                           |          |
| (30.1)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau - 1)$                              | 139      |
| (30.2)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau)$                                  | 140      |
| (30.3)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau - 1)$                       | 141      |
| (30.4)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau)$                           | 142      |
| (30.5)                   |                             | $\Delta T_{\min}(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau - 1)$                | 143      |
| (30.6)                   |                             | $\Delta T_{\min}(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau)$                    | 144      |
| (30.7)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau)$                                  | 145      |
| (30.8)                   |                             | $I2(\tau - 1) \times \Delta P_0(\tau)$                                 | 146      |
|                          |                             | 31. $\Delta I, I \leftrightarrow \Delta T_{\min}, \Delta T_{850}$      |          |
| (31.1)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$                          | 147      |
| (31.2)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$                              | 148      |
| (31.3)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau - 1)$                   | 149      |
| (31.4)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$                       | 150      |
| (31.5)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta T_{\min}(\tau - 1)$                         | 151      |
| (31.6)                   |                             | $\Delta I(\tau - 1) \times \Delta T_{\min}(\tau - 1)$                  | 152      |
| (31.7)                   |                             | $\Delta T_{850}(\tau - 1) \times \Delta T_{\min}(\tau - 1)$            | 153      |
| (31.8)                   |                             | $\Delta T_{850}(\tau) \times \Delta T_{\min}(\tau - 1)$                | 154      |
| (31.9)                   |                             | $I(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$                              | 155      |
| (31.10)                  |                             | $I2(\tau - 1) \times \Delta T_{850}(\tau)$                             | 156      |



| Серия, номер (с.н)                                             | Идентификатор предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора                                                                                                                                                                                                                                                            | № п/п |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>32. Предиктанты</b>                                         |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| <i>Элемент погоды: температура воздуха у земли</i>             |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| (32.1)                                                         | $t_{\min}(\tau)$         | $t_{\min}(\tau)$                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 157   |
| (32.2)                                                         | $t_{\max}(\tau)$         | $t_{\max}(\tau)$                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 158   |
| (32.3)                                                         | $ts(\tau)$               | $[t_{\min}(\tau) + t_{\max}(\tau)]/2$                                                                                                                                                                                                                                                                 | 159   |
| (32.4)                                                         | $\Delta t_{\min}(\tau)$  | $t_{\min}(\tau) - t_{\min}(\tau - 1)$                                                                                                                                                                                                                                                                 | 160   |
| (32.5)                                                         | $\Delta t_{\max}(\tau)$  | $t_{\max}(\tau) - t_{\max}(\tau - 1)$                                                                                                                                                                                                                                                                 | 161   |
| <i>Элемент погоды: скорость и направление приземного ветра</i> |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| (32.6)                                                         | $U_0(\tau)$              | $U_0(\tau)$                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 162   |
| (32.7)                                                         | $V_0(\tau)$              | $V_0(\tau)$                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 163   |
| (32.8)                                                         | $M_0(\tau)$              | $\sqrt{U_0^2(\tau) + V_0^2(\tau)}$                                                                                                                                                                                                                                                                    | 164   |
| (32.9)                                                         | $\Delta U_0(\tau)$       | $U_0(\tau) - U_0(\tau - 1)$                                                                                                                                                                                                                                                                           | 165   |
| (32.10)                                                        | $\Delta V_0(\tau)$       | $V_0(\tau) - V_0(\tau - 1)$                                                                                                                                                                                                                                                                           | 166   |
| (32.11)                                                        | $\Delta M_0(\tau)$       | $M_0(\tau) - M_0(\tau - 1)$                                                                                                                                                                                                                                                                           | 167   |
| <i>Элемент погоды: осадки</i>                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| (32.12)                                                        | $QN(\tau)$               | Ночные осадки — количество осадков (мм), выпавших на станции основного списка за период от 19 ч даты $\tau - 1$ до 7 ч даты $\tau$ по местному времени (или от 9 до 21 ч даты $\tau - 1$ по СГВ для станций хабаровского часового пояса:<br>$Q_{ст}(19 - 7) = Q_{ст}(22, \tau - 1) + Q_{ст}(7, \tau)$ | 168   |
| (32.13)                                                        | $QD(\tau)$               | Дневные осадки — количество осадков (мм), выпавших на станции основного списка за период от 7 до 19 ч даты $\tau$ по местному времени (или от 21 ч даты $\tau - 1$ до 9 ч даты $\tau$ по СГВ:<br>$Q_{ст}(7 - 19) = Q_{ст}(10, \tau) + Q_{ст}(19, \tau)$                                               | 169   |
| (32.14)                                                        | $QS(\tau)$               | Суточные осадки — количество осадков (мм), выпавших на станции основного списка за период от 19 ч даты $\tau - 1$ до 19 ч даты $\tau$ по местному времени (или от 9 ч даты $\tau - 1$ до 9 ч даты $\tau$ по СГВ:<br>$Q_{ст}(19 - 19) = QN(\tau) + QD(\tau)$                                           | 170   |

| Серия, номер (с.н.) | Идентификатор предиктора | Номер и наименование серии. Вид предиктора                                                                                                                                                                           | № п/п |
|---------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| (32.15)             | $QNT(\tau)$              | Ночная сумма осадков по территории окружения радиусом 150 км вокруг заданной станции основного списка:<br>$\sum Q_{19-7} = \sum_{i=1}^N Q_i(19-7),$ где $N$ — число станций наблюдения на рассматриваемой территории | 171   |
| (32.16)             | $QDT(\tau)$              | Дневная сумма осадков по территории радиусом 150 км вокруг заданной станции основного списка:<br>$\sum Q_{7-19} = \sum_{i=1}^N Q_i(7-19)$                                                                            | 172   |
| (32.17)             | $QST(\tau)$              | Суточная сумма осадков по территории радиусом 150 км вокруг заданной станции основного списка:<br>$QST(\tau) = QNT(\tau) + QDT(\tau)$                                                                                | 173   |
| (32.18)             | $QN_{\max}(\tau)$        | Максимальное количество осадков, выпавшее на какой-либо станции окружения за ночь:<br>$Q_{\max}(19-7) = \max_{1 \leq i \leq N} Q_i(19-7)$                                                                            | 174   |
| (32.19)             | $QD_{\max}(\tau)$        | Максимальное количество осадков, выпавшее на какой-либо станции окружения за день:<br>$Q_{\max}(7-19) = \max_{1 \leq i \leq N} Q_i(7-19)$                                                                            | 175   |
| (32.20)             | $QS_{\max}(\tau)$        | Максимальное количество осадков, выпавшее на какой-либо станции окружения за рассматриваемые сутки:<br>$Q_{\max}(24) = \max_{1 \leq i \leq N} Q_i(19-19)$                                                            | 176   |
| (32.21)             | $IQ_{\max}(\tau)$        | Максимальная интенсивность осадков (мм/12 ч), выпавших на территории окружения в течение рассматриваемых суток:<br>$Q_{\max}(12) = \max_{1 \leq i \leq N} \{Q_i(22) + Q_i(7), Q_i(7) + Q_i(10), Q_i(10) + Q_i(19)\}$ | 177   |
| (32.22)             | $N/50$                   | Число станций окружения, на которых интенсивность осадков в течение рассматриваемых суток превысила 50 мм за 12 ч                                                                                                    | 178   |

Распределение (%) архивных выборок по ситуациям  $I(IV, IP)$

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Зима                 |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$  | 14                       | 16 | 14 | 16 | 15 | 14 | 13 | 13 | 13 | 14 | 15 | 13 |
|                      | $IP = 2$  | 4                        | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 3  |
|                      | $IP = 3$  | 9                        | 6  | 5  | 5  | 8  | 8  | 8  | 9  | 8  | 8  | 10 | 8  |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 24                       | 25 | 24 | 26 | 23 | 25 | 23 | 23 | 23 | 22 | 24 | 24 |
|                      | $IP = 2$  | 11                       | 14 | 14 | 14 | 12 | 11 | 13 | 13 | 12 | 14 | 11 | 13 |
|                      | $IP = 3$  | 16                       | 10 | 10 | 10 | 13 | 13 | 12 | 11 | 14 | 12 | 15 | 15 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 11                       | 8  | 11 | 9  | 11 | 10 | 14 | 14 | 13 | 15 | 12 | 14 |
|                      | $IP = 2$  | 7                        | 12 | 13 | 12 | 9  | 10 | 10 | 9  | 7  | 7  | 6  | 6  |
|                      | $IP = 3$  | 4                        | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 49                       | 49 | 49 | 51 | 50 | 50 | 50 | 51 | 50 | 52 | 50 | 51 |
|                      | $IP = 2$  | 23                       | 30 | 32 | 31 | 26 | 26 | 27 | 25 | 25 | 25 | 21 | 23 |
|                      | $IP = 3$  | 28                       | 21 | 19 | 18 | 24 | 24 | 23 | 24 | 25 | 23 | 29 | 26 |
| Холодные             | В среднем | 27                       | 27 | 24 | 26 | 28 | 27 | 25 | 25 | 26 | 26 | 29 | 25 |
| Умеренные            | по        | 51                       | 49 | 48 | 50 | 48 | 49 | 48 | 47 | 50 | 48 | 50 | 52 |
| Теплые               | ФДВ       | 22                       | 24 | 28 | 24 | 24 | 24 | 27 | 27 | 24 | 26 | 22 | 23 |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Весна                |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | IP = 1    | 11                       | 14 | 14 | 14 | 12 | 13 | 14 | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 |
|                      | IP = 2    | 4                        | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 5  | 6  | 4  | 3  | 4  | 4  |
|                      | IP = 3    | 8                        | 4  | 5  | 4  | 8  | 6  | 7  | 6  | 8  | 8  | 9  | 9  |
| Умеренные            | IP = 1    | 27                       | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 | 25 | 27 | 27 |
|                      | IP = 2    | 13                       | 20 | 21 | 20 | 14 | 14 | 17 | 17 | 14 | 17 | 13 | 17 |
|                      | IP = 3    | 14                       | 7  | 7  | 7  | 13 | 14 | 10 | 10 | 12 | 11 | 15 | 12 |
| Теплые               | IP = 1    | 11                       | 7  | 5  | 5  | 10 | 10 | 8  | 9  | 9  | 10 | 9  | 10 |
|                      | IP = 2    | 8                        | 13 | 15 | 15 | 9  | 9  | 10 | 7  | 10 | 8  | 9  | 8  |
|                      | IP = 3    | 3                        | 3  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 49                       | 48 | 47 | 47 | 50 | 50 | 49 | 51 | 48 | 49 | 48 | 49 |
|                      | IP = 2    | 26                       | 37 | 39 | 39 | 27 | 27 | 32 | 30 | 28 | 28 | 25 | 25 |
|                      | IP = 3    | 25                       | 15 | 14 | 13 | 23 | 23 | 19 | 19 | 24 | 23 | 27 | 26 |
| Холодные             | В среднем | 24                       | 23 | 22 | 22 | 23 | 23 | 25 | 26 | 24 | 25 | 25 | 24 |
| Умеренные            | по        | 54                       | 54 | 56 | 56 | 56 | 56 | 54 | 55 | 54 | 54 | 55 | 55 |
| Теплые               | ФДВ       | 22                       | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 19 | 22 | 21 | 20 | 21 |

|                      |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Холодные             | $IP = 1$  | 12 | 13 | 12 | 14 | 12 | 12 | 12 | 15 | 11 | 13 | 11 | 12 |
|                      | $IP = 2$  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  |
|                      | $IP = 3$  | 7  | 6  | 5  | 5  | 8  | 8  | 9  | 7  | 10 | 8  | 9  | 9  |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 25 | 28 | 29 | 26 | 26 | 25 | 24 | 27 | 27 | 27 | 25 | 26 |
|                      | $IP = 2$  | 12 | 13 | 15 | 15 | 11 | 12 | 12 | 11 | 12 | 13 | 11 | 12 |
|                      | $IP = 3$  | 13 | 9  | 10 | 10 | 12 | 12 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 11 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 12 | 10 | 9  | 8  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 |
|                      | $IP = 2$  | 12 | 13 | 14 | 15 | 11 | 11 | 11 | 11 | 9  | 11 | 11 | 11 |
|                      | $IP = 3$  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 5  | 5  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 49 | 51 | 50 | 50 | 49 | 49 | 48 | 54 | 50 | 50 | 48 | 50 |
|                      | $IP = 2$  | 27 | 30 | 32 | 33 | 26 | 27 | 26 | 24 | 24 | 26 | 25 | 25 |
|                      | $IP = 3$  | 24 | 19 | 18 | 17 | 25 | 24 | 26 | 22 | 26 | 24 | 27 | 25 |
| Холодные             | В среднем | 22 | 23 | 20 | 22 | 24 | 23 | 24 | 24 | 25 | 24 | 23 | 23 |
| Умеренные            | по        | 50 | 50 | 54 | 51 | 49 | 49 | 49 | 50 | 51 | 52 | 49 | 49 |
| Теплые               | ФДВ       | 28 | 27 | 26 | 27 | 27 | 26 | 27 | 27 | 24 | 24 | 28 | 28 |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Осень                |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$  | 11                       | 15 | 14 | 16 | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 |
|                      | $IP = 2$  | 3                        | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  |
|                      | $IP = 3$  | 9                        | 4  | 5  | 4  | 9  | 9  | 6  | 7  | 9  | 9  | 10 | 9  |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 29                       | 27 | 27 | 28 | 26 | 26 | 32 | 31 | 28 | 29 | 32 | 31 |
|                      | $IP = 2$  | 10                       | 18 | 19 | 16 | 10 | 10 | 16 | 14 | 12 | 12 | 10 | 12 |
|                      | $IP = 3$  | 15                       | 11 | 11 | 10 | 15 | 16 | 14 | 15 | 15 | 16 | 14 | 14 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 12                       | 7  | 8  | 8  | 14 | 14 | 8  | 11 | 12 | 11 | 12 | 11 |
|                      | $IP = 2$  | 7                        | 12 | 10 | 14 | 8  | 7  | 7  | 6  | 7  | 6  | 7  | 6  |
|                      | $IP = 3$  | 4                        | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 5  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 53                       | 49 | 49 | 52 | 52 | 52 | 51 | 52 | 52 | 51 | 53 | 53 |
|                      | $IP = 2$  | 20                       | 34 | 32 | 33 | 21 | 20 | 26 | 23 | 21 | 21 | 20 | 21 |
|                      | $IP = 3$  | 26                       | 17 | 19 | 15 | 27 | 28 | 33 | 25 | 27 | 28 | 27 | 26 |
| Холодные             | В среднем | 23                       | 22 | 22 | 23 | 24 | 23 | 20 | 20 | 22 | 23 | 23 | 23 |
| Умеренные            | по        | 54                       | 56 | 57 | 53 | 52 | 52 | 62 | 60 | 56 | 57 | 56 | 56 |
| Теплые               | ФДВ       | 23                       | 22 | 21 | 24 | 24 | 24 | 18 | 19 | 22 | 20 | 22 | 22 |

Среднесезонная оправдываемость (%) прогноза „б/о” и ее распределение по ситуациям

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Зима, ночь           |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | IP = 1    | 89                       | 94 | 90 | 98 | 85 | 95 | 88 | 96 | 83 | 85 | 92 | 94 |
|                      | IP = 2    | 93                       | 85 | 92 | 92 | 95 | 99 | 81 | 92 | 91 | 83 | 91 | 97 |
|                      | IP = 3    | 89                       | 91 | 92 | 98 | 74 | 87 | 79 | 90 | 66 | 74 | 86 | 84 |
| Умеренные            | IP = 1    | 85                       | 91 | 90 | 95 | 85 | 93 | 81 | 86 | 85 | 72 | 88 | 89 |
|                      | IP = 2    | 90                       | 86 | 91 | 85 | 87 | 96 | 83 | 93 | 88 | 73 | 85 | 91 |
|                      | IP = 3    | 75                       | 86 | 89 | 89 | 67 | 80 | 80 | 89 | 68 | 71 | 77 | 77 |
| Теплые               | IP = 1    | 86                       | 94 | 94 | 96 | 90 | 97 | 64 | 65 | 92 | 54 | 80 | 85 |
|                      | IP = 2    | 86                       | 85 | 93 | 84 | 80 | 91 | 65 | 80 | 82 | 38 | 70 | 78 |
|                      | IP = 3    | 73                       | 90 | 97 | 88 | 75 | 85 | 64 | 80 | 77 | 43 | 86 | 41 |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 86                       | 93 | 91 | 96 | 86 | 94 | 78 | 83 | 86 | 71 | 88 | 89 |
|                      | IP = 2    | 89                       | 85 | 92 | 86 | 86 | 95 | 76 | 88 | 87 | 64 | 81 | 88 |
|                      | IP = 3    | 79                       | 89 | 92 | 91 | 71 | 83 | 77 | 88 | 69 | 67 | 81 | 75 |
| Холодные             | В среднем | 89                       | 92 | 91 | 97 | 84 | 93 | 84 | 93 | 80 | 81 | 90 | 91 |
| Умеренные            | по        | 83                       | 87 | 90 | 91 | 81 | 91 | 81 | 89 | 81 | 72 | 84 | 86 |
| Теплые               | ФДВ       | 84                       | 89 | 94 | 89 | 84 | 92 | 65 | 72 | 87 | 48 | 78 | 77 |
| Среднее за сезон     |           | 85                       | 89 | 91 | 92 | 83 | 92 | 77 | 85 | 82 | 68 | 85 | 85 |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  |
| Зима, день           |           |                          |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
| Холодные             | IP = 1    | 94                       | 93 | 94 | 98  | 95 | 98 | 88 | 97 | 94 | 89 | 92 | 97  |
|                      | IP = 2    | 92                       | 85 | 88 | 100 | 87 | 93 | 85 | 90 | 92 | 81 | 89 | 100 |
|                      | IP = 3    | 91                       | 94 | 93 | 96  | 77 | 96 | 81 | 94 | 74 | 78 | 90 | 95  |
| Умеренные            | IP = 1    | 89                       | 89 | 96 | 94  | 92 | 97 | 87 | 92 | 90 | 79 | 89 | 93  |
|                      | IP = 2    | 89                       | 86 | 91 | 90  | 90 | 92 | 84 | 93 | 91 | 78 | 85 | 90  |
|                      | IP = 3    | 73                       | 83 | 79 | 83  | 74 | 89 | 72 | 85 | 69 | 80 | 73 | 84  |
| Теплые               | IP = 1    | 90                       | 97 | 98 | 96  | 90 | 92 | 70 | 70 | 92 | 64 | 92 | 81  |
|                      | IP = 2    | 82                       | 92 | 90 | 88  | 84 | 91 | 64 | 77 | 81 | 41 | 83 | 75  |
|                      | IP = 3    | 74                       | 81 | 85 | 91  | 72 | 74 | 71 | 74 | 67 | 31 | 74 | 41  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 91                       | 93 | 96 | 96  | 92 | 96 | 82 | 87 | 92 | 77 | 90 | 91  |
|                      | IP = 2    | 88                       | 88 | 90 | 91  | 87 | 92 | 77 | 87 | 88 | 67 | 85 | 87  |
|                      | IP = 3    | 78                       | 86 | 84 | 88  | 75 | 89 | 75 | 87 | 70 | 72 | 79 | 82  |
| Холодные             | В среднем | 93                       | 92 | 93 | 98  | 88 | 96 | 85 | 95 | 88 | 85 | 91 | 97  |
| Умеренные            | по        | 84                       | 87 | 91 | 91  | 87 | 94 | 82 | 91 | 84 | 79 | 83 | 90  |
| Теплые               | ФДВ       | 85                       | 92 | 92 | 92  | 85 | 89 | 68 | 73 | 85 | 53 | 86 | 74  |
| Среднее за сезон     |           | 87                       | 90 | 92 | 93  | 87 | 93 | 79 | 86 | 85 | 74 | 87 | 88  |



|                      |           |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Холодные             | IP = 1    | 70 | 88 | 83 | 92 | 66 | 79 | 84  | 79 | 68 | 73 | 68 | 61 |
|                      |           | 69 | 86 | 92 | 89 | 65 | 69 | 76  | 69 | 62 | 82 | 73 | 69 |
|                      |           | 49 | 76 | 93 | 77 | 63 | 63 | 77  | 77 | 61 | 56 | 52 | 44 |
| Умеренные            | IP = 1    | 78 | 89 | 80 | 90 | 77 | 85 | 90  | 79 | 78 | 80 | 83 | 76 |
|                      |           | 78 | 84 | 93 | 88 | 79 | 86 | 90  | 75 | 80 | 78 | 84 | 70 |
|                      |           | 68 | 65 | 85 | 67 | 65 | 80 | 82  | 77 | 73 | 71 | 72 | 65 |
| Теплые               | IP = 1    | 93 | 87 | 97 | 94 | 88 | 97 | 87  | 83 | 97 | 88 | 96 | 93 |
|                      |           | 92 | 89 | 96 | 89 | 93 | 96 | 95  | 93 | 96 | 89 | 94 | 89 |
|                      |           | 93 | 81 | 95 | 87 | 93 | 96 | 100 | 92 | 97 | 95 | 97 | 86 |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 79 | 88 | 83 | 91 | 77 | 86 | 88  | 80 | 79 | 79 | 82 | 76 |
|                      |           | 80 | 86 | 94 | 89 | 82 | 87 | 89  | 78 | 83 | 82 | 86 | 75 |
|                      |           | 65 | 74 | 89 | 74 | 67 | 77 | 83  | 79 | 72 | 73 | 69 | 59 |
| Холодные             | В среднем | 63 | 85 | 87 | 90 | 65 | 73 | 80  | 76 | 65 | 69 | 63 | 56 |
|                      |           | 76 | 84 | 86 | 86 | 75 | 84 | 88  | 78 | 77 | 77 | 80 | 72 |
|                      |           | 93 | 87 | 96 | 90 | 91 | 96 | 93  | 88 | 96 | 89 | 95 | 91 |
| Умеренные            | по ФДВ    | 93 | 87 | 96 | 90 | 91 | 96 | 93  | 88 | 96 | 89 | 95 | 91 |
|                      |           | 77 | 85 | 88 | 88 | 76 | 84 | 87  | 79 | 77 | 78 | 79 | 72 |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Весна, день          |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | IP = 1    | 82                       | 84 | 87 | 83 | 75 | 88 | 86 | 84 | 77 | 76 | 85 | 82 |
|                      | IP = 2    | 71                       | 81 | 88 | 89 | 70 | 76 | 79 | 75 | 65 | 76 | 89 | 81 |
|                      | IP = 3    | 61                       | 72 | 80 | 55 | 60 | 65 | 78 | 81 | 56 | 51 | 51 | 60 |
| Умеренные            | IP = 1    | 85                       | 86 | 88 | 91 | 84 | 90 | 88 | 85 | 89 | 87 | 94 | 83 |
|                      | IP = 2    | 89                       | 89 | 92 | 89 | 85 | 89 | 87 | 88 | 79 | 80 | 88 | 85 |
|                      | IP = 3    | 67                       | 64 | 75 | 61 | 64 | 72 | 79 | 68 | 73 | 69 | 74 | 64 |
| Теплые               | IP = 1    | 93                       | 80 | 93 | 98 | 97 | 93 | 89 | 90 | 96 | 90 | 94 | 91 |
|                      | IP = 2    | 95                       | 94 | 94 | 96 | 88 | 98 | 93 | 98 | 92 | 88 | 94 | 88 |
|                      | IP = 3    | 87                       | 83 | 80 | 87 | 68 | 88 | 87 | 92 | 84 | 89 | 87 | 66 |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 86                       | 83 | 88 | 90 | 84 | 90 | 88 | 86 | 87 | 84 | 92 | 84 |
|                      | IP = 2    | 88                       | 88 | 93 | 92 | 84 | 90 | 88 | 88 | 82 | 82 | 90 | 85 |
|                      | IP = 3    | 67                       | 73 | 77 | 62 | 63 | 72 | 80 | 75 | 69 | 66 | 68 | 63 |
| Холодные             | В среднем | 73                       | 81 | 85 | 79 | 69 | 80 | 83 | 82 | 68 | 68 | 73 | 74 |
| Умеренные            | по        | 82                       | 84 | 88 | 86 | 79 | 85 | 86 | 83 | 83 | 81 | 87 | 79 |
| Теплые               | ФДВ       | 93                       | 89 | 93 | 96 | 90 | 94 | 91 | 93 | 92 | 89 | 92 | 87 |
| Среднее за сезон     |           | 82                       | 84 | 88 | 87 | 79 | 86 | 86 | 85 | 81 | 79 | 84 | 79 |

|                      |           |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| Холодные             | $IP = 1$  | 60 | 72 | 58 | 82 | 57 | 61 | 55 | 46  | 49 | 66 | 60 | 63 |
|                      | $IP = 2$  | 40 | 50 | 52 | 81 | 43 | 39 | 63 | 43  | 33 | 52 | 41 | 68 |
|                      | $IP = 3$  | 52 | 65 | 60 | 52 | 41 | 60 | 45 | 49  | 43 | 46 | 54 | 47 |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 73 | 77 | 83 | 81 | 71 | 71 | 73 | 66  | 68 | 74 | 78 | 69 |
|                      | $IP = 2$  | 69 | 66 | 79 | 75 | 73 | 65 | 67 | 63  | 67 | 72 | 73 | 77 |
|                      | $IP = 3$  | 63 | 56 | 67 | 62 | 50 | 66 | 80 | 74  | 61 | 72 | 72 | 68 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 82 | 80 | 87 | 87 | 82 | 88 | 88 | 85  | 82 | 87 | 88 | 83 |
|                      | $IP = 2$  | 81 | 76 | 90 | 73 | 77 | 82 | 87 | 86  | 83 | 87 | 87 | 80 |
|                      | $IP = 3$  | 88 | 58 | 83 | 67 | 82 | 87 | 89 | 100 | 82 | 94 | 92 | 98 |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 72 | 76 | 78 | 82 | 70 | 73 | 72 | 65  | 67 | 75 | 76 | 71 |
|                      | $IP = 2$  | 70 | 64 | 82 | 75 | 70 | 69 | 75 | 71  | 69 | 76 | 75 | 77 |
|                      | $IP = 3$  | 64 | 60 | 68 | 60 | 52 | 67 | 69 | 71  | 57 | 67 | 70 | 68 |
| Холодные             | В среднем | 54 | 67 | 58 | 75 | 49 | 57 | 52 | 47  | 45 | 58 | 55 | 58 |
| Умеренные            | по        | 70 | 70 | 79 | 76 | 66 | 68 | 73 | 67  | 66 | 73 | 75 | 71 |
| Теплые               | ФДВ       | 83 | 75 | 88 | 77 | 80 | 85 | 88 | 88  | 82 | 88 | 88 | 84 |
| Среднее за сезон     |           | 70 | 71 | 77 | 76 | 66 | 69 | 72 | 69  | 65 | 72 | 74 | 72 |

Лето, ночь

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Лето, день           |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | IP = 1    | 78                       | 58 | 66 | 74 | 66 | 72 | 68 | 54 | 63 | 75 | 70 | 78 |
|                      | IP = 2    | 58                       | 55 | 44 | 65 | 49 | 47 | 69 | 70 | 46 | 74 | 67 | 77 |
|                      | IP = 3    | 39                       | 53 | 43 | 47 | 38 | 50 | 47 | 48 | 48 | 44 | 58 | 44 |
| Умеренные            | IP = 1    | 82                       | 67 | 76 | 77 | 76 | 74 | 76 | 76 | 77 | 85 | 84 | 72 |
|                      | IP = 2    | 74                       | 66 | 75 | 76 | 61 | 81 | 78 | 79 | 69 | 85 | 79 | 84 |
|                      | IP = 3    | 63                       | 57 | 60 | 57 | 52 | 64 | 70 | 73 | 53 | 66 | 70 | 62 |
| Теплые               | IP = 1    | 89                       | 77 | 86 | 85 | 84 | 87 | 92 | 91 | 87 | 91 | 92 | 89 |
|                      | IP = 2    | 87                       | 78 | 85 | 82 | 82 | 90 | 90 | 94 | 84 | 85 | 86 | 86 |
|                      | IP = 3    | 84                       | 62 | 86 | 65 | 73 | 94 | 89 | 94 | 79 | 77 | 82 | 72 |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 82                       | 67 | 76 | 78 | 76 | 77 | 78 | 73 | 76 | 84 | 83 | 78 |
|                      | IP = 2    | 77                       | 66 | 77 | 78 | 68 | 80 | 82 | 85 | 72 | 84 | 81 | 84 |
|                      | IP = 3    | 59                       | 57 | 59 | 55 | 51 | 64 | 65 | 69 | 54 | 61 | 68 | 59 |
| Холодные             | В среднем | 62                       | 56 | 57 | 67 | 54 | 61 | 61 | 54 | 55 | 64 | 65 | 66 |
| Умеренные            | по        | 75                       | 65 | 73 | 73 | 67 | 73 | 75 | 76 | 69 | 81 | 79 | 72 |
| Теплые               | ФДВ       | 87                       | 76 | 86 | 81 | 82 | 89 | 90 | 92 | 85 | 87 | 88 | 85 |
| Среднее за сезон     |           | 76                       | 66 | 73 | 74 | 68 | 73 | 76 | 76 | 69 | 78 | 78 | 74 |

|                      |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Холодные             | IP = 1    | 75 | 88 | 87 | 92 | 72 | 81 | 76 | 85 | 65 | 54 | 70 | 82 |
|                      | IP = 2    | 80 | 89 | 96 | 93 | 60 | 72 | 78 | 83 | 71 | 60 | 63 | 95 |
|                      | IP = 3    | 56 | 80 | 86 | 88 | 54 | 76 | 64 | 73 | 47 | 39 | 66 | 74 |
| Умеренные            | IP = 1    | 84 | 85 | 81 | 93 | 76 | 89 | 76 | 77 | 71 | 65 | 77 | 81 |
|                      | IP = 2    | 75 | 81 | 92 | 87 | 82 | 81 | 74 | 71 | 77 | 67 | 71 | 69 |
|                      | IP = 3    | 70 | 64 | 72 | 83 | 59 | 77 | 63 | 70 | 56 | 54 | 65 | 62 |
| Теплые               | IP = 1    | 95 | 77 | 89 | 90 | 87 | 97 | 86 | 76 | 88 | 82 | 90 | 92 |
|                      | IP = 2    | 91 | 78 | 90 | 84 | 84 | 91 | 82 | 78 | 80 | 73 | 88 | 84 |
|                      | IP = 3    | 82 | 55 | 80 | 60 | 85 | 96 | 90 | 66 | 77 | 74 | 78 | 79 |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 85 | 83 | 84 | 92 | 78 | 89 | 78 | 78 | 74 | 66 | 79 | 84 |
|                      | IP = 2    | 82 | 83 | 92 | 86 | 80 | 84 | 77 | 74 | 78 | 68 | 76 | 78 |
|                      | IP = 3    | 67 | 66 | 77 | 82 | 60 | 79 | 66 | 71 | 55 | 52 | 65 | 68 |
| Холодные             | В среднем | 68 | 87 | 88 | 91 | 64 | 78 | 72 | 81 | 58 | 49 | 68 | 80 |
| Умеренные            | по        | 79 | 80 | 83 | 89 | 72 | 84 | 73 | 74 | 68 | 62 | 73 | 74 |
| Теплые               | ФДВ       | 92 | 75 | 88 | 85 | 86 | 95 | 85 | 75 | 84 | 78 | 88 | 88 |
| Среднее за сезон     |           | 79 | 80 | 85 | 88 | 73 | 84 | 75 | 75 | 69 | 62 | 76 | 79 |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                      |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  |
|                      |           | Осень, день              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
| Холодные             | IP = 1    | 79                       | 85 | 89 | 88 | 85 | 88 | 84 | 89 | 82 | 76 | 94 | 81  |
|                      | IP = 2    | 81                       | 89 | 90 | 74 | 69 | 93 | 80 | 96 | 88 | 67 | 83 | 100 |
|                      | IP = 3    | 67                       | 76 | 81 | 65 | 56 | 81 | 64 | 81 | 56 | 49 | 63 | 86  |
| Умеренные            | IP = 1    | 86                       | 86 | 88 | 91 | 85 | 88 | 80 | 82 | 81 | 69 | 86 | 86  |
|                      | IP = 2    | 82                       | 86 | 85 | 92 | 79 | 84 | 71 | 71 | 68 | 69 | 80 | 78  |
|                      | IP = 3    | 69                       | 57 | 66 | 66 | 65 | 80 | 62 | 69 | 49 | 50 | 71 | 68  |
| Теплые               | IP = 1    | 93                       | 79 | 89 | 90 | 94 | 92 | 87 | 81 | 95 | 85 | 94 | 90  |
|                      | IP = 2    | 86                       | 84 | 84 | 92 | 86 | 92 | 82 | 78 | 79 | 70 | 88 | 80  |
|                      | IP = 3    | 71                       | 65 | 66 | 60 | 81 | 93 | 73 | 58 | 77 | 50 | 70 | 75  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 86                       | 83 | 89 | 90 | 87 | 89 | 82 | 83 | 84 | 74 | 89 | 86  |
|                      | IP = 2    | 83                       | 86 | 85 | 91 | 80 | 88 | 75 | 76 | 74 | 69 | 83 | 81  |
|                      | IP = 3    | 69                       | 66 | 70 | 65 | 64 | 82 | 64 | 72 | 54 | 50 | 68 | 75  |
| Холодные             | В среднем | 75                       | 84 | 87 | 82 | 73 | 86 | 77 | 87 | 73 | 64 | 79 | 85  |
| Умеренные            | по        | 80                       | 80 | 83 | 87 | 78 | 85 | 74 | 76 | 69 | 64 | 81 | 80  |
| Теплые               | ФДВ       | 87                       | 80 | 84 | 89 | 90 | 92 | 83 | 77 | 87 | 75 | 89 | 84  |
| Среднее за сезон     |           | 80                       | 81 | 84 | 86 | 80 | 86 | 76 | 78 | 74 | 66 | 83 | 83  |

Среднесезонные значения (мм) дискриминантных уровней  $DU(IV, IP)$

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Зима, ночь           |           |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$  | 2                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1  | 0  | 3  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1  | 0  | 1  |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 1                        | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0  | 1  | 2  |
|                      | $IP = 2$  | 1                        | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1  | 1  | 2  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1  | 0  | 2  |
| Теплые               | $IP = 1$  | 2                        | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 3  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 2  |
|                      | $IP = 3$  | 3                        | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0  | 3  | 0  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 2                        | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1  | 1  | 3  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 2  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1  | 1  | 1  |
| Холодные             | В среднем | 2                        | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 2  |
| Умеренные            | по        | 1                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1  | 1  | 2  |
| Теплые               | ФДВ       | 2                        | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0  | 2  | 2  |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ      | Порядковый номер станции |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------------------|--------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                      |              | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Зима, день           |              |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$     | 1                        | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2  | 3  | 6  |
|                      | $IP = 2$     | 1                        | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 4  |
|                      | $IP = 3$     | 2                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 0 | 3  | 2  | 8  |
| Умеренные            | $IP = 1$     | 2                        | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 5 | 1 | 2  | 2  | 4  |
|                      | $IP = 2$     | 1                        | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2  | 1  | 5  |
|                      | $IP = 3$     | 1                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1  | 2  | 8  |
| Теплые               | $IP = 1$     | 2                        | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1  | 3  | 7  |
|                      | $IP = 2$     | 1                        | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1  | 1  | 5  |
|                      | $IP = 3$     | 2                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0  | 2  | 3  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$     | 2                        | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2  | 3  | 5  |
|                      | $IP = 2$     | 1                        | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1  | 1  | 4  |
|                      | $IP = 3$     | 2                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 0 | 0  | 2  | 3  |
| Холодные             | В среднем    | 2                        | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 0 | 1  | 2  | 6  |
|                      | Умеренные по | 2                        | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2  | 2  | 6  |
|                      | ФДВ          | 2                        | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1  | 2  | 5  |



Весна, ночь

|                      |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Холодные             | IP = 1    | 1 | 3 | 4 | 8 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0  |
|                      | IP = 2    | 1 | 4 | 1 | 6 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2  |
|                      | IP = 3    | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| Умеренные            | IP = 1    | 2 | 2 | 2 | 8 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2  |
|                      | IP = 2    | 2 | 2 | 5 | 7 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 4  |
|                      | IP = 3    | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 1 | 1 | 3 | 2  |
| Теплые               | IP = 1    | 2 | 3 | 2 | 5 | 3 | 6 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3  |
|                      | IP = 2    | 2 | 2 | 4 | 6 | 2 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2  |
|                      | IP = 3    | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 5 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 2 | 3 | 2 | 7 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2  |
|                      | IP = 2    | 1 | 3 | 3 | 6 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3  |
|                      | IP = 3    | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1  |
| Холодные             | В среднем | 1 | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| Умеренные            | по        | 2 | 2 | 3 | 6 | 3 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3  |
| Теплые               | ФДВ       | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 | 5 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 2  |

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Весна, день          |           |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$  | 3                        | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2  | 4  | 4  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1  | 4  | 1  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1  | 3  | 8  |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 6                        | 6 | 5 | 4 | 4 | 7 | 2 | 5 | 3 | 2  | 5  | 7  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 | 6 | 1 | 3  | 5  | 4  |
|                      | $IP = 3$  | 3                        | 4 | 2 | 2 | 4 | 7 | 2 | 4 | 3 | 1  | 6  | 7  |
| Теплые               | $IP = 1$  | 3                        | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2  | 5  | 6  |
|                      | $IP = 2$  | 3                        | 4 | 3 | 4 | 2 | 5 | 2 | 4 | 2 | 4  | 4  | 8  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 5 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 7 | 2 | 2  | 3  | 4  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 4                        | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2  | 4  | 6  |
|                      | $IP = 2$  | 2                        | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3  | 4  | 4  |
|                      | $IP = 3$  | 2                        | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 2 | 1  | 4  | 6  |
| Холодные             | В среднем | 2                        | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1  | 3  | 4  |
| Умеренные            | по        | 4                        | 5 | 4 | 3 | 4 | 6 | 2 | 5 | 3 | 2  | 5  | 6  |
| Теплые               | ФДВ       | 3                        | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 5 | 2 | 3  | 4  | 6  |

|                      |           |    |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |    |
|----------------------|-----------|----|---|---|----|---|----|---|---|---|---|---|----|
| Холодные             | IP = 1    | 1  | 5 | 5 | 10 | 3 | 3  | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1  |
|                      | IP = 2    | -1 | 3 | 2 | 9  | 1 | 2  | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4  |
|                      | IP = 3    | 3  | 4 | 6 | 4  | 4 | 5  | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 3  |
| Умеренные            | IP = 1    | 6  | 6 | 9 | 8  | 6 | 5  | 1 | 4 | 3 | 2 | 6 | 13 |
|                      | IP = 2    | 4  | 4 | 7 | 5  | 7 | 3  | 1 | 3 | 2 | 5 | 3 | 8  |
|                      | IP = 3    | 4  | 3 | 5 | 9  | 5 | 4  | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 8  |
| Теплые               | IP = 1    | 4  | 7 | 9 | 8  | 8 | 9  | 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 5  |
|                      | IP = 2    | 5  | 4 | 6 | 7  | 4 | 10 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 4  |
|                      | IP = 3    | 6  | 5 | 5 | 6  | 8 | 11 | 7 | 1 | 4 | 2 | 5 | 6  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 4  | 6 | 8 | 8  | 6 | 6  | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 7  |
|                      | IP = 2    | 2  | 4 | 5 | 7  | 4 | 5  | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6  |
|                      | IP = 3    | 4  | 4 | 5 | 6  | 6 | 6  | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 6  |
| Холодные             | В среднем | 1  | 4 | 4 | 8  | 3 | 4  | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3  |
| Умеренные            | по        | 5  | 5 | 7 | 7  | 6 | 4  | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Теплые               | ФДВ       | 5  | 5 | 7 | 7  | 7 | 10 | 4 | 2 | 4 | 2 | 6 | 5  |

Лето, ночь

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Лето, день           |           |                          |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные             | IP = 1    | 10                       | 5 | 8  | 12 | 10 | 8  | 5  | 18 | 10 | 7  | 9  | 5  |
|                      | IP = 2    | 4                        | 6 | 1  | 4  | 2  | 8  | 5  | 9  | 4  | 3  | 6  | 3  |
|                      | IP = 3    | 3                        | 4 | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 11 | 4  | 2  | 12 | 7  |
| Умеренные            | IP = 1    | 12                       | 4 | 9  | 7  | 13 | 11 | 6  | 20 | 12 | 8  | 7  | 9  |
|                      | IP = 2    | 7                        | 3 | 12 | 3  | 7  | 6  | 10 | 10 | 11 | 4  | 8  | 6  |
|                      | IP = 3    | 5                        | 5 | 7  | 7  | 10 | 11 | 7  | 23 | 5  | 7  | 8  | 16 |
| Теплые               | IP = 1    | 13                       | 5 | 8  | 7  | 12 | 8  | 7  | 13 | 10 | 4  | 8  | 6  |
|                      | IP = 2    | 5                        | 8 | 6  | 14 | 9  | 8  | 6  | 13 | 9  | 4  | 6  | 6  |
|                      | IP = 3    | 7                        | 4 | 7  | 6  | 7  | 6  | 7  | 7  | 8  | 6  | 7  | 7  |
| В среднем по выборке | IP = 1    | 12                       | 5 | 8  | 8  | 12 | 9  | 6  | 17 | 10 | 6  | 8  | 7  |
|                      | IP = 2    | 5                        | 6 | 6  | 7  | 6  | 7  | 7  | 10 | 8  | 3  | 7  | 5  |
|                      | IP = 3    | 5                        | 4 | 6  | 5  | 7  | 7  | 6  | 14 | 6  | 5  | 9  | 10 |
| Холодные             | В среднем | 6                        | 5 | 4  | 6  | 5  | 7  | 5  | 13 | 6  | 4  | 9  | 5  |
| Умеренные            | по        | 8                        | 4 | 9  | 6  | 10 | 9  | 8  | 17 | 9  | 6  | 8  | 10 |
| Теплые               | ФДВ       | 8                        | 6 | 7  | 9  | 9  | 8  | 7  | 11 | 9  | 4  | 7  | 7  |

|                      |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Холодные             | $IP = 1$  | 2 | 2 | 2 | 9 | 1 | 8 | 1 | 5 | 1 | 0 | 4 | 5 |
|                      | $IP = 2$  | 6 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 5 |
|                      | $IP = 3$  | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 | 6 | 1 | 6 | 1 | 1 | 3 | 7 |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 4 | 4 | 3 | 6 | 1 | 7 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 5 |
|                      | $IP = 2$  | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 9 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 7 |
|                      | $IP = 3$  | 6 | 2 | 3 | 3 | 1 | 9 | 1 | 8 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 6 | 4 | 2 | 4 | 3 | 5 | 1 | 7 | 2 | 3 | 3 | 5 |
|                      | $IP = 2$  | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 | 7 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 6 |
|                      | $IP = 3$  | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 2 | 8 | 1 | 2 | 2 | 4 |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 4 | 4 | 2 | 6 | 2 | 7 | 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 5 |
|                      | $IP = 2$  | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 6 |
|                      | $IP = 3$  | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 7 | 1 | 7 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| Холодные             | В среднем | 4 | 3 | 3 | 4 | 1 | 6 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 |
| Умеренные            | по        | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 8 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| Теплые               | ФДВ       | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 6 | 2 | 6 | 1 | 2 | 3 | 5 |

Осень, ночь

| Тип ВМ               | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |   |   |    |   |    |   |    |   |    |    |    |
|----------------------|-----------|--------------------------|---|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|
|                      |           | 1                        | 2 | 3 | 4  | 5 | 6  | 7 | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Осень, день          |           |                          |   |   |    |   |    |   |    |   |    |    |    |
| Холодные             | $IP = 1$  | 8                        | 2 | 1 | 5  | 5 | 7  | 3 | 13 | 5 | 3  | 4  | 10 |
|                      | $IP = 2$  | 6                        | 4 | 2 | 1  | 3 | 3  | 1 | 9  | 1 | 1  | 4  | 3  |
|                      | $IP = 3$  | 7                        | 3 | 3 | 1  | 4 | 10 | 1 | 7  | 4 | 5  | 5  | 12 |
| Умеренные            | $IP = 1$  | 7                        | 4 | 5 | 10 | 6 | 10 | 2 | 21 | 2 | 2  | 5  | 11 |
|                      | $IP = 2$  | 5                        | 3 | 3 | 3  | 7 | 7  | 2 | 14 | 1 | 2  | 5  | 13 |
|                      | $IP = 3$  | 5                        | 3 | 3 | 6  | 6 | 6  | 3 | 15 | 1 | 1  | 7  | 10 |
| Теплые               | $IP = 1$  | 5                        | 2 | 3 | 4  | 7 | 8  | 3 | 14 | 2 | 4  | 4  | 17 |
|                      | $IP = 2$  | 5                        | 7 | 4 | 4  | 6 | 9  | 3 | 10 | 4 | 2  | 5  | 9  |
|                      | $IP = 3$  | 4                        | 6 | 2 | 3  | 7 | 6  | 2 | 12 | 4 | 2  | 5  | 8  |
| В среднем по выборке | $IP = 1$  | 7                        | 3 | 3 | 6  | 6 | 8  | 3 | 16 | 3 | 3  | 4  | 13 |
|                      | $IP = 2$  | 6                        | 4 | 3 | 3  | 5 | 6  | 2 | 11 | 2 | 2  | 4  | 8  |
|                      | $IP = 3$  | 5                        | 4 | 3 | 4  | 5 | 7  | 2 | 11 | 3 | 1  | 6  | 10 |
| Холодные             | В среднем | 7                        | 3 | 3 | 2  | 4 | 7  | 2 | 10 | 3 | 1  | 4  | 8  |
| Умеренные            | по        | 6                        | 3 | 4 | 6  | 6 | 8  | 2 | 17 | 2 | 2  | 6  | 11 |
| Теплые               | ФДВ       | 5                        | 3 | 3 | 4  | 6 | 8  | 3 | 12 | 3 | 3  | 5  | 11 |

Повышение (%) оправдываемости предварительного прогноза (этапы 1, 2) над  $P(6/0)$

| Тип ВМ                 | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Зима, ночь             |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные               | $IP = 1$  | 3                        | 2  | 6  | 1  | 6  | 0  | 10 | 1  | 9  | 6  | 3  | 1  |
|                        | $IP = 2$  | 3                        | 14 | 6  | 6  | 3  | 0  | 13 | 6  | 8  | 12 | 6  | 0  |
|                        | $IP = 3$  | 0                        | 4  | 3  | 2  | 17 | 5  | 15 | 4  | 29 | 11 | 8  | 5  |
| Умеренные              | $IP = 1$  | 4                        | 5  | 6  | 3  | 6  | 2  | 9  | 6  | 8  | 14 | 6  | 2  |
|                        | $IP = 2$  | 4                        | 10 | 6  | 13 | 7  | 4  | 8  | 1  | 6  | 13 | 10 | 4  |
|                        | $IP = 3$  | 12                       | 11 | 4  | 9  | 21 | 7  | 5  | 3  | 21 | 19 | 13 | 10 |
| Теплые                 | $IP = 1$  | 4                        | 3  | 3  | 4  | 5  | 0  | 28 | 14 | 5  | 26 | 10 | 5  |
|                        | $IP = 2$  | 2                        | 13 | 4  | 13 | 8  | 4  | 29 | 8  | 9  | 49 | 26 | 14 |
|                        | $IP = 3$  | 12                       | 10 | 1  | 7  | 16 | 7  | 24 | 6  | 15 | 41 | 4  | 47 |
| В среднем по выборке   | $IP = 1$  | 4                        | 3  | 5  | 2  | 6  | 1  | 15 | 7  | 8  | 15 | 5  | 3  |
|                        | $IP = 2$  | 4                        | 12 | 5  | 12 | 7  | 3  | 17 | 4  | 7  | 23 | 15 | 6  |
|                        | $IP = 3$  | 9                        | 8  | 2  | 7  | 18 | 6  | 12 | 4  | 22 | 20 | 10 | 13 |
| Холодные               | В среднем | 3                        | 4  | 5  | 2  | 8  | 2  | 12 | 3  | 14 | 9  | 5  | 2  |
| Умеренные              | по        | 7                        | 9  | 6  | 7  | 10 | 3  | 7  | 3  | 11 | 15 | 9  | 5  |
| Теплые                 | ФДВ       | 4                        | 9  | 3  | 9  | 8  | 3  | 27 | 11 | 7  | 34 | 14 | 13 |
| Среднесезонная оправд. | (1,2)     | 90                       | 97 | 96 | 98 | 91 | 94 | 92 | 91 | 93 | 87 | 93 | 91 |

| Тип ВМ                                  | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                         |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Зима, день                              |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные                                | IP = 1    | 0                        | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 3  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  |
|                                         | IP = 2    | 3                        | 7  | 2  | 0  | 1  | 0  | 3  | 2  | 2  | 16 | 3  | 0  |
|                                         | IP = 3    | 2                        | 1  | 1  | 0  | 9  | 0  | 5  | 1  | 13 | 3  | 1  | 0  |
| Умеренные                               | IP = 1    | 0                        | 2  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 3  | 0  | 0  |
|                                         | IP = 2    | 3                        | 2  | 0  | 4  | 0  | 1  | 8  | 0  | 2  | 2  | 4  | 0  |
|                                         | IP = 3    | 7                        | 4  | 3  | 5  | 7  | 0  | 4  | 3  | 16 | 3  | 5  | 1  |
| Теплые                                  | IP = 1    | 2                        | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 6  | 7  | 1  | 8  | 0  | 1  |
|                                         | IP = 2    | 4                        | 0  | 1  | 2  | 2  | 0  | 7  | 8  | 11 | 27 | 6  | 5  |
|                                         | IP = 3    | 10                       | 2  | 0  | 4  | 2  | 3  | 11 | 7  | 11 | 22 | 7  | 18 |
| В среднем по выборке                    | IP = 1    | 1                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 4  | 2  | 1  | 4  | 1  | 0  |
|                                         | IP = 2    | 3                        | 3  | 0  | 2  | 1  | 1  | 7  | 3  | 5  | 12 | 5  | 2  |
|                                         | IP = 3    | 6                        | 3  | 2  | 3  | 7  | 1  | 6  | 3  | 15 | 6  | 4  | 4  |
| Холодные                                | В среднем | 2                        | 2  | 2  | 0  | 4  | 0  | 4  | 1  | 5  | 3  | 1  | 0  |
| Умеренные                               | по        | 3                        | 2  | 1  | 3  | 3  | 0  | 4  | 1  | 6  | 2  | 3  | 0  |
| Теплые                                  | ФДВ       | 4                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 7  | 7  | 6  | 16 | 3  | 5  |
| Среднесезонная<br>зональная<br>поправк. | (1,2)     | 90                       | 91 | 93 | 95 | 90 | 94 | 84 | 89 | 90 | 80 | 89 | 89 |



|                        |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Холодные               | $IP = 1$  | 13 | 6  | 7  | 1  | 12 | 6  | 9  | 6  | 19 | 16 | 9  | 19 |
|                        | $IP = 2$  | 20 | 7  | 4  | 5  | 23 | 20 | 10 | 15 | 22 | 10 | 18 | 22 |
|                        | $IP = 3$  | 34 | 14 | 2  | 5  | 8  | 16 | 10 | 10 | 32 | 30 | 33 | 32 |
| Умеренные              | $IP = 1$  | 9  | 5  | 8  | 1  | 2  | 2  | 5  | 6  | 7  | 9  | 3  | 7  |
|                        | $IP = 2$  | 12 | 6  | 2  | 1  | 4  | 1  | 7  | 7  | 15 | 11 | 5  | 15 |
|                        | $IP = 3$  | 14 | 25 | 6  | 17 | 14 | 7  | 12 | 8  | 11 | 10 | 7  | 11 |
| Теплые                 | $IP = 1$  | 5  | 9  | 0  | 2  | 2  | 1  | 10 | 1  | 0  | 8  | 1  | 0  |
|                        | $IP = 2$  | 4  | 6  | 0  | 3  | 3  | 1  | 3  | 1  | 7  | 7  | 3  | 7  |
|                        | $IP = 3$  | 7  | 17 | 5  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| В среднем по выборке   | $IP = 1$  | 9  | 6  | 5  | 1  | 4  | 3  | 7  | 5  | 8  | 12 | 4  | 8  |
|                        | $IP = 2$  | 11 | 6  | 2  | 2  | 6  | 4  | 7  | 7  | 14 | 9  | 6  | 14 |
|                        | $IP = 3$  | 19 | 18 | 5  | 10 | 11 | 13 | 10 | 8  | 18 | 14 | 15 | 18 |
| Холодные               | В среднем | 21 | 8  | 5  | 2  | 12 | 8  | 10 | 9  | 24 | 20 | 19 | 24 |
| Умеренные              | по        | 10 | 8  | 5  | 3  | 5  | 3  | 7  | 6  | 10 | 11 | 5  | 10 |
| Теплые                 | ФДВ       | 5  | 8  | 2  | 3  | 2  | 1  | 5  | 1  | 3  | 7  | 2  | 3  |
| Среднесезонная оправд. | (1,2)     | 88 | 93 | 93 | 91 | 87 | 88 | 93 | 84 | 90 | 90 | 87 | 85 |

| Тип ВМ                 | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Весна, день            |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные               | IP = 1    | 2                        | 2  | 2  | 4  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 6  | 3  | 0  |
|                        | IP = 2    | 19                       | 6  | 10 | 0  | 17 | 6  | 13 | 4  | 27 | 11 | 2  | 7  |
|                        | IP = 3    | 7                        | 10 | 9  | 15 | 19 | 12 | 1  | 5  | 16 | 25 | 14 | 12 |
| Умеренные              | IP = 1    | 1                        | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 2  | 1  | 3  | 0  | 0  |
|                        | IP = 2    | 2                        | 0  | 0  | 2  | 0  | 2  | 2  | 1  | 5  | 4  | 2  | 0  |
|                        | IP = 3    | 5                        | 4  | 8  | 12 | 9  | 0  | 8  | 6  | 5  | 16 | 2  | 3  |
| Теплые                 | IP = 1    | 3                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 0  | 3  | 0  | 1  |
|                        | IP = 2    | 0                        | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  |
|                        | IP = 3    | 4                        | 2  | 8  | 10 | 14 | 0  | 4  | 0  | 2  | 7  | 2  | 7  |
| В среднем по выборке   | IP = 1    | 2                        | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  |
|                        | IP = 2    | 4                        | 3  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 1  | 6  | 4  | 2  | 1  |
|                        | IP = 3    | 6                        | 3  | 9  | 13 | 13 | 7  | 5  | 5  | 8  | 17 | 6  | 7  |
| Холодные               | В среднем | 7                        | 4  | 5  | 5  | 10 | 2  | 3  | 3  | 11 | 13 | 7  | 5  |
| Умеренные              | по        | 2                        | 1  | 1  | 3  | 3  | 1  | 2  | 3  | 3  | 6  | 1  | 1  |
| Теплые                 | ФДВ       | 2                        | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 1  | 1  |
| Среднесезонная оправд. | (1,2)     | 85                       | 86 | 90 | 90 | 83 | 88 | 88 | 87 | 84 | 87 | 87 | 81 |

|                          |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Холодные                 | IP = 1    | 10 | 8  | 12 | 3  | 17 | 11 | 19 | 28 | 25 | 13 | 13 | 7  |
|                          | IP = 2    | 37 | 27 | 27 | 2  | 26 | 37 | 20 | 22 | 54 | 38 | 37 | 7  |
|                          | IP = 3    | 25 | 11 | 6  | 23 | 27 | 16 | 41 | 15 | 25 | 31 | 22 | 15 |
| Умеренные                | IP = 1    | 5  | 4  | 1  | 6  | 5  | 5  | 11 | 9  | 6  | 5  | 4  | 1  |
|                          | IP = 2    | 11 | 10 | 6  | 7  | 4  | 10 | 14 | 13 | 17 | 16 | 6  | 3  |
|                          | IP = 3    | 14 | 21 | 7  | 16 | 16 | 18 | 11 | 11 | 16 | 15 | 8  | 3  |
| Теплые                   | IP = 1    | 4  | 9  | 6  | 1  | 2  | 3  | 5  | 2  | 6  | 3  | 2  | 2  |
|                          | IP = 2    | 3  | 4  | 1  | 10 | 7  | 5  | 3  | 4  | 1  | 2  | 3  | 3  |
|                          | IP = 3    | 0  | 26 | 3  | 10 | 6  | 3  | 2  | 0  | 5  | 6  | 2  | 0  |
| В среднем                | IP = 1    | 6  | 6  | 4  | 5  | 7  | 6  | 12 | 12 | 10 | 7  | 6  | 3  |
| по выборке               | IP = 2    | 12 | 14 | 5  | 8  | 9  | 11 | 10 | 10 | 15 | 13 | 8  | 4  |
|                          | IP = 3    | 14 | 21 | 6  | 17 | 18 | 18 | 20 | 10 | 18 | 18 | 12 | 5  |
| Холодные                 | В среднем | 19 | 11 | 12 | 8  | 22 | 17 | 27 | 23 | 28 | 22 | 20 | 10 |
| Умеренные                | по        | 8  | 9  | 3  | 8  | 8  | 10 | 12 | 11 | 11 | 10 | 6  | 2  |
| Теплые                   | ФДВ       | 3  | 9  | 3  | 7  | 5  | 4  | 3  | 2  | 4  | 3  | 3  | 3  |
| Среднесезонная<br>оград. | (1,2)     | 79 | 80 | 82 | 84 | 76 | 78 | 84 | 80 | 78 | 83 | 82 | 76 |

| Тип ВМ                 | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Лето, день             |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные               | IP = 1    | 1                        | 3  | 4  | 0  | 4  | 0  | 4  | 2  | 1  | 3  | 3  | 3  |
|                        | IP = 2    | 21                       | 28 | 31 | 9  | 7  | 14 | 2  | 4  | 15 | 9  | 1  | 7  |
|                        | IP = 3    | 16                       | 19 | 23 | 12 | 16 | 10 | 13 | 7  | 11 | 18 | 4  | 9  |
| Умеренные              | IP = 1    | 1                        | 4  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
|                        | IP = 2    | 5                        | 5  | 1  | 2  | 3  | 2  | 0  | 3  | 3  | 1  | 1  | 3  |
|                        | IP = 3    | 6                        | 13 | 8  | 18 | 2  | 4  | 0  | 3  | 3  | 4  | 3  | 0  |
| Теплые                 | IP = 1    | 3                        | 6  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
|                        | IP = 2    | 2                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 3  | 2  | 1  |
|                        | IP = 3    | 2                        | 13 | 2  | 4  | 1  | 0  | 2  | 0  | 6  | 7  | 0  | 4  |
| В среднем по выборке   | IP = 1    | 2                        | 4  | 1  | 2  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 2  | 1  |
|                        | IP = 2    | 6                        | 10 | 3  | 2  | 2  | 3  | 0  | 2  | 4  | 2  | 1  | 3  |
|                        | IP = 3    | 8                        | 14 | 12 | 14 | 6  | 5  | 5  | 3  | 7  | 4  | 3  | 3  |
| Холодные               | В среднем | 9                        | 11 | 12 | 4  | 8  | 5  | 7  | 4  | 7  | 9  | 4  | 8  |
| Умеренные              | по        | 3                        | 6  | 2  | 5  | 1  | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  |
| Теплые                 | ФДВ       | 3                        | 3  | 1  | 2  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  |
| Среднесезонная оправд. | (1,2)     | 80                       | 72 | 77 | 78 | 70 | 75 | 78 | 78 | 72 | 81 | 80 | 76 |

|                                |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Холодные                       | IP = 1    | 10 | 4  | 5  | 2  | 6  | 2  | 14 | 2  | 23 | 26 | 4  | 2  |
|                                | IP = 2    | 1  | 4  | 4  | 3  | 33 | 12 | 20 | 13 | 14 | 28 | 22 | 2  |
|                                | IP = 3    | 18 | 6  | 6  | 6  | 30 | 9  | 28 | 7  | 41 | 38 | 15 | 8  |
| Умеренные                      | IP = 1    | 2  | 4  | 9  | 2  | 8  | 2  | 5  | 6  | 18 | 18 | 6  | 4  |
|                                | IP = 2    | 7  | 8  | 3  | 5  | 6  | 3  | 11 | 11 | 12 | 20 | 9  | 3  |
|                                | IP = 3    | 6  | 16 | 24 | 5  | 22 | 4  | 24 | 5  | 28 | 25 | 17 | 10 |
| Теплые                         | IP = 1    | 0  | 4  | 7  | 3  | 2  | 0  | 2  | 5  | 3  | 5  | 1  | 2  |
|                                | IP = 2    | 1  | 10 | 3  | 6  | 4  | 2  | 5  | 8  | 15 | 17 | 4  | 7  |
|                                | IP = 3    | 8  | 38 | 10 | 27 | 9  | 0  | 6  | 16 | 21 | 19 | 15 | 13 |
| В среднем по выборке           | IP = 1    | 2  | 6  | 8  | 2  | 6  | 1  | 6  | 5  | 15 | 17 | 4  | 3  |
|                                | IP = 2    | 3  | 6  | 3  | 5  | 9  | 3  | 10 | 11 | 13 | 20 | 11 | 4  |
|                                | IP = 3    | 10 | 13 | 17 | 7  | 23 | 5  | 23 | 6  | 32 | 28 | 16 | 9  |
| Холодные                       | В среднем | 12 | 4  | 5  | 3  | 18 | 6  | 20 | 5  | 30 | 31 | 11 | 4  |
| Умеренные                      | по        | 4  | 7  | 10 | 3  | 12 | 2  | 10 | 7  | 19 | 21 | 9  | 5  |
| Теплые                         | ФДВ       | 1  | 11 | 6  | 7  | 3  | 1  | 4  | 8  | 9  | 11 | 4  | 5  |
| Среднесе-<br>зонная<br>оправд. | (1,2)     | 85 | 88 | 93 | 93 | 85 | 88 | 87 | 82 | 88 | 84 | 84 | 84 |

| Тип ВМ                 | Фаза ДВ   | Порядковый номер станции |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|-----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        |           | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Осень, день            |           |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Холодные               | IP = 1    | 1                        | 2  | 3  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 4  | 12 | 2  |
|                        | IP = 2    | 10                       | 4  | 2  | 9  | 5  | 0  | 8  | 0  | 0  | 10 | 4  | 0  |
|                        | IP = 3    | 3                        | 8  | 6  | 17 | 14 | 4  | 13 | 0  | 12 | 22 | 5  | 0  |
| Умеренные              | IP = 1    | 0                        | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 5  | 1  | 0  |
|                        | IP = 2    | 1                        | 2  | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  | 0  | 8  | 6  | 4  | 3  |
|                        | IP = 3    | 4                        | 12 | 11 | 2  | 6  | 1  | 8  | 2  | 23 | 10 | 1  | 2  |
| Теплые                 | IP = 1    | 1                        | 5  | 2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  |
|                        | IP = 2    | 5                        | 3  | 0  | 1  | 2  | 1  | 3  | 0  | 3  | 13 | 0  | 7  |
|                        | IP = 3    | 5                        | 13 | 8  | 17 | 2  | 3  | 10 | 3  | 4  | 26 | 4  | 0  |
| В среднем по выборке   | IP = 1    | 1                        | 3  | 1  | 0  | 1  | 0  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  |
|                        | IP = 2    | 4                        | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 4  | 0  | 5  | 9  | 3  | 4  |
|                        | IP = 3    | 3                        | 7  | 9  | 7  | 8  | 2  | 9  | 1  | 18 | 15 | 3  | 1  |
| Холодные               | В среднем | 3                        | 3  | 4  | 4  | 6  | 1  | 6  | 0  | 5  | 12 | 2  | 1  |
| Умеренные              | по        | 2                        | 3  | 3  | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 9  | 6  | 2  | 1  |
| Теплые                 | ФДВ       | 3                        | 5  | 2  | 3  | 1  | 1  | 3  | 2  | 2  | 8  | 1  | 3  |
| Среднесезонная оправд. | (1,2)     | 83                       | 84 | 87 | 88 | 82 | 87 | 80 | 79 | 80 | 74 | 84 | 84 |

## Оценки качества прогноза осадков за период с апреля 1997 г. по февраль 1998 г.

| Станция                | Характеристика          |     |     |     |      |                         |     |      |     |      |      |
|------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|------|-------------------------|-----|------|-----|------|------|
|                        | N                       | E   | P   | U   | T    | N                       | E   | P    | U   | T    |      |
| Хабаровск              | Заблаговременность 24 ч |     |     |     |      | Заблаговременность 48 ч |     |      |     |      |      |
|                        | Сутки                   | 207 | 5,4 | 67, | 68,  | 0,21                    | 208 | 5,0  | 72, | 71,  | 0,25 |
|                        | Ночь                    | 207 | 4,9 | 78, | 78,  | 0,23                    | 208 | 5,5  | 81, | 81,  | 0,29 |
| Тында                  | День                    | 207 | 1,1 | 79, | 77,  | 0,05                    | 208 | 4,8  | 80, | 77,  | 0,05 |
|                        | Сутки                   | 172 | 7,7 | 71, | 71,  | 0,24                    | 171 | 5,4  | 76, | 76,  | 0,27 |
|                        | Ночь                    | 172 | 5,9 | 78, | 77,  | 0,22                    | 171 | 6,1  | 84, | 81,  | 0,22 |
| Зея                    | День                    | 172 | 6,3 | 81, | 80,  | 0,22                    | 171 | 3,7  | 84, | 81,  | 0,20 |
|                        | Сутки                   | 142 | 5,9 | 79, | 77,  | 0,23                    | 144 | 3,8  | 78, | 76,  | 0,24 |
|                        | Ночь                    | 142 | 4,0 | 86, | 85,  | 0,19                    | 144 | 4,9  | 87, | 86,  | 0,17 |
| Благовещенск           | День                    | 142 | 3,9 | 87, | 85,  | 0,22                    | 144 | 2,4  | 82, | 81,  | 0,20 |
|                        | Сутки                   | 208 | 6,6 | 78, | 77,  | 0,27                    | 209 | 6,7  | 79, | 78,  | 0,23 |
|                        | Ночь                    | 208 | 4,7 | 85, | 85,  | 0,31                    | 209 | 6,1  | 86, | 85,  | 0,23 |
| Облучье                | День                    | 208 | 2,4 | 87, | 83,  | 0,09                    | 209 | 10,2 | 86, | 84,  | 0,13 |
|                        | Сутки                   | 183 | 6,4 | 70, | 71,  | 0,32                    | 175 | 7,3  | 70, | 70,  | 0,26 |
|                        | Ночь                    | 183 | 4,9 | 78, | 77,  | 0,27                    | 175 | 3,7  | 77, | 76,  | 0,22 |
| Екатеринино-Никольское | День                    | 183 | 3,4 | 83, | 81,  | 0,27                    | 175 | 6,5  | 81, | 80,  | 0,18 |
|                        | Сутки                   | 175 | 4,4 | 81, | 78,  | 0,25                    | 175 | 10,0 | 79, | 81,  | 0,31 |
|                        | Ночь                    | 175 | 4,5 | 83, | 83,  | 0,21                    | 175 | 11,2 | 83, | 85,  | 0,28 |
| День                   | 175                     | 2,6 | 86, | 85, | 0,21 | 175                     | 4,1 | 86,  | 86, | 0,26 |      |

| Станция     | Характеристика           |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |
|-------------|--------------------------|------|-----|-----|------|--------------------------|------|-----|-----|------|
|             | N                        | E    | P   | U   | T    | N                        | E    | P   | U   | T    |
| Нелькан     | Заблаговременность 24 ч. |      |     |     |      | Заблаговременность 48 ч. |      |     |     |      |
|             | 199                      | 3,0  | 76, | 74, | 0,23 | 202                      | 2,6  | 77, | 73, | 0,22 |
|             | Ночь                     | 3,3  | 82, | 80, | 0,09 | 202                      | 4,0  | 81, | 79, | 0,04 |
|             | День                     | 1,8  | 86, | 83, | 0,32 | 202                      | 1,4  | 89, | 85, | 0,35 |
|             | Сутки                    | 15,5 | 73, | 76, | 0,36 | 193                      | 11,0 | 75, | 78, | 0,38 |
|             | Ночь                     | 11,1 | 76, | 80, | 0,33 | 193                      | 9,1  | 78, | 80, | 0,33 |
| Цедомын     | 193                      | 7,1  | 85, | 85, | 0,39 | 193                      | 5,1  | 85, | 84, | 0,41 |
|             | День                     | 2,9  | 67, | 66, | 0,18 | 183                      | 4,8  | 64, | 64, | 0,19 |
|             | Сутки                    | 3,4  | 78, | 79, | 0,18 | 183                      | 3,7  | 73, | 73, | 0,15 |
|             | Ночь                     | 1,4  | 76, | 74, | 0,13 | 183                      | 4,1  | 74, | 72, | 0,17 |
|             | День                     | 6,3  | 71, | 68, | 0,19 | 209                      | 4,9  | 75, | 73, | 0,25 |
|             | Сутки                    | 4,9  | 81, | 78, | 0,18 | 209                      | 3,6  | 85, | 83, | 0,29 |
| Николаевск  | 208                      | 4,2  | 80, | 77, | 0,18 | 209                      | 4,2  | 81, | 78, | 0,19 |
|             | Ночь                     | 3,0  | 75, | 74, | 0,22 | 203                      | 5,1  | 69, | 68, | 0,10 |
|             | День                     | 4,1  | 85, | 84, | 0,26 | 203                      | 4,8  | 82, | 80, | 0,12 |
|             | Сутки                    | 1,8  | 82, | 80, | 0,11 | 203                      | 1,6  | 80, | 78, | 0,09 |
|             | Ночь                     | 11,8 | 71, | 70, | 0,23 | 207                      | 10,3 | 71, | 70, | 0,16 |
|             | Сутки                    | 21,7 | 77, | 78, | 0,13 | 207                      | 18,1 | 81, | 81, | 0,12 |
| Сов. Гавань | 208                      | 5,9  | 80, | 79, | 0,28 | 207                      | 5,0  | 81, | 78, | 0,20 |
|             | Ночь                     |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |
|             | День                     |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |
|             | Сутки                    |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |
|             | Ночь                     |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |
|             | День                     |      |     |     |      |                          |      |     |     |      |



|                        | Заблаговременность 72 ч |     |     |     |     | Заблаговременность 96 ч |     |     |     |     |
|------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                        | Сутки                   | 210 | 6,5 | 70, | 71, | 0,23                    | 205 | 7,2 | 71, | 72, |
| Хабаровск              | Ночь                    | 210 | 6,2 | 80, | 81, | 0,26                    | 205 | 5,1 | 80, | 80, |
|                        | День                    | 210 | 3,6 | 79, | 77, | 0,09                    | 205 | 3,4 | 80, | 79, |
|                        | Сутки                   | 173 | 6,5 | 77, | 76, | 0,26                    | 174 | 5,6 | 74, | 72, |
| Тында                  | Ночь                    | 173 | 4,9 | 85, | 84, | 0,30                    | 174 | 4,5 | 82, | 81, |
|                        | День                    | 173 | 5,8 | 82, | 80, | 0,14                    | 174 | 4,6 | 83, | 79, |
|                        | Сутки                   | 144 | 4,2 | 79, | 76, | 0,21                    | 141 | 5,0 | 77, | 75, |
| Зея                    | Ночь                    | 144 | 6,8 | 88, | 88, | 0,15                    | 141 | 3,7 | 88, | 87, |
|                        | День                    | 144 | 3,2 | 85, | 83, | 0,17                    | 141 | 3,0 | 84, | 84, |
|                        | Сутки                   | 209 | 6,7 | 77, | 77, | 0,30                    | 205 | 7,9 | 79, | 79, |
| Благовещенск           | Ночь                    | 209 | 4,8 | 85, | 85, | 0,31                    | 205 | 5,6 | 85, | 84, |
|                        | День                    | 209 | 3,3 | 87, | 83, | 0,20                    | 205 | 3,4 | 89, | 85, |
|                        | Сутки                   | 174 | 8,9 | 74, | 75, | 0,35                    | 171 | 6,3 | 70, | 69, |
| Облучье                | Ночь                    | 174 | 7,7 | 78, | 79, | 0,25                    | 171 | 5,6 | 80, | 79, |
|                        | День                    | 174 | 3,9 | 84, | 82, | 0,29                    | 171 | 5,2 | 77, | 76, |
|                        | Сутки                   | 176 | 7,0 | 82, | 82, | 0,33                    | 174 | 5,4 | 83, | 83, |
| Екатеринино-Никольское | Ночь                    | 176 | 8,0 | 86, | 87, | 0,33                    | 174 | 5,2 | 88, | 89, |
|                        | День                    | 176 | 2,3 | 88, | 88, | 0,29                    | 174 | 2,0 | 86, | 84, |
|                        | Сутки                   | 204 | 3,1 | 79, | 75, | 0,24                    | 200 | 2,0 | 77, | 73, |
| Нелькан                | Ночь                    | 204 | 3,2 | 84, | 82, | 0,12                    | 200 | 4,0 | 82, | 80, |
|                        | День                    | 204 | 1,8 | 89, | 84, | 0,28                    | 200 | 0,7 | 87, | 83, |

| Станция     | Характеристика          |      |     |     |      |                         |      |     |     |      |
|-------------|-------------------------|------|-----|-----|------|-------------------------|------|-----|-----|------|
|             | Заблаговременность 72 ч |      |     |     |      | Заблаговременность 96 ч |      |     |     |      |
|             | N                       | E    | P   | U   | T    | N                       | E    | P   | U   | T    |
| Аян         | 197                     | 14,5 | 73, | 79, | 0,44 | 193                     | 16,3 | 73, | 76, | 0,37 |
|             | 197                     | 8,9  | 80, | 84, | 0,48 | 193                     | 9,8  | 79, | 81, | 0,37 |
|             | 197                     | 4,9  | 82, | 83, | 0,38 | 193                     | 11,3 | 80, | 81, | 0,35 |
| Цетдомын    | 182                     | 2,6  | 67, | 67, | 0,23 | 182                     | 2,8  | 73, | 73, | 0,34 |
|             | 182                     | 1,7  | 79, | 78, | 0,28 | 182                     | 1,5  | 78, | 78, | 0,31 |
|             | 182                     | 2,0  | 74, | 71, | 0,15 | 182                     | 1,9  | 79, | 77, | 0,22 |
| Николаевск  | 208                     | 6,4  | 73, | 72, | 0,25 | 208                     | 4,7  | 76, | 75, | 0,33 |
|             | 208                     | 5,3  | 82, | 79, | 0,15 | 208                     | 3,7  | 84, | 83, | 0,31 |
|             | 208                     | 5,0  | 85, | 81, | 0,25 | 208                     | 3,2  | 86, | 82, | 0,29 |
| Комсомольск | 202                     | 3,4  | 71, | 70, | 0,10 | 202                     | 2,5  | 75, | 73, | 0,17 |
|             | 202                     | 3,6  | 83, | 82, | 0,12 | 202                     | 2,8  | 86, | 86, | 0,26 |
|             | 202                     | 2,2  | 81, | 79, | 0,12 | 202                     | 1,0  | 81, | 78, | 0,03 |
| Сов. Гавань | 210                     | 9,5  | 70, | 68, | 0,15 | 207                     | 12,1 | 69, | 68, | 0,19 |
|             | 210                     | 14,4 | 83, | 81, | 0,12 | 207                     | 16,2 | 80, | 81, | 0,20 |
|             | 210                     | 4,9  | 79, | 77, | 0,16 | 207                     | 4,9  | 78, | 76, | 0,20 |

**Превышение качества методического прогноза осадков над качеством  
контрольного прогноза (6/о)**

| Станция                     |       | Характеристика             |     |     |      |                            |     |     |      |
|-----------------------------|-------|----------------------------|-----|-----|------|----------------------------|-----|-----|------|
|                             |       | N                          | DP  | DU  | DT   | N                          | DP  | DU  | DT   |
|                             |       | Заблаговременность<br>24 ч |     |     |      | Заблаговременность<br>48 ч |     |     |      |
| Хабаровск                   | Сутки | 207                        | 4,  | 6,  | 0,21 | 208                        | 8,  | 8,  | 0,25 |
|                             | Ночь  | 207                        | 3,  | 3,  | 0,23 | 208                        | 5,  | 6,  | 0,29 |
|                             | День  | 207                        | 0,  | 0,  | 0,05 | 208                        | 0,  | 0,  | 0,05 |
| Тында                       | Сутки | 172                        | 4,  | 6,  | 0,24 | 171                        | 6,  | 8,  | 0,27 |
|                             | Ночь  | 172                        | 1,  | 2,  | 0,22 | 171                        | 4,  | 4,  | 0,22 |
|                             | День  | 172                        | 3,  | 5,  | 0,22 | 171                        | 4,  | 4,  | 0,20 |
| Зея                         | Сутки | 142                        | 4,  | 6,  | 0,23 | 144                        | 5,  | 6,  | 0,24 |
|                             | Ночь  | 142                        | 1,  | 1,  | 0,19 | 144                        | 2,  | 2,  | 0,17 |
|                             | День  | 142                        | 4,  | 4,  | 0,22 | 144                        | 2,  | 2,  | 0,20 |
| Благовещенск                | Сутки | 208                        | 2,  | 4,  | 0,27 | 209                        | 4,  | 5,  | 0,23 |
|                             | Ночь  | 208                        | 1,  | 3,  | 0,31 | 209                        | 2,  | 3,  | 0,23 |
|                             | День  | 208                        | 0,  | 0,  | 0,09 | 209                        | 0,  | 1,  | 0,13 |
| Облучье                     | Сутки | 183                        | 5,  | 10, | 0,32 | 175                        | 6,  | 8,  | 0,26 |
|                             | Ночь  | 183                        | 1,  | 3,  | 0,27 | 175                        | 2,  | 3,  | 0,22 |
|                             | День  | 183                        | 4,  | 5,  | 0,27 | 175                        | 1,  | 2,  | 0,18 |
| Екатери́нино-<br>Никольское | Сутки | 175                        | 5,  | 5,  | 0,25 | 175                        | 3,  | 5,  | 0,31 |
|                             | Ночь  | 175                        | -1, | 0,  | 0,21 | 175                        | -2, | 0,  | 0,28 |
|                             | День  | 175                        | 2,  | 2,  | 0,21 | 175                        | 1,  | 2,  | 0,26 |
| Нелькан                     | Сутки | 199                        | 4,  | 6,  | 0,23 | 202                        | 5,  | 5,  | 0,22 |
|                             | Ночь  | 199                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 202                        | 0,  | 0,  | 0,04 |
|                             | День  | 199                        | 3,  | 3,  | 0,32 | 202                        | 3,  | 5,  | 0,35 |
| Аян                         | Сутки | 193                        | 3,  | 9,  | 0,36 | 193                        | 6,  | 10, | 0,38 |
|                             | Ночь  | 193                        | 1,  | 5,  | 0,33 | 193                        | 3,  | 6,  | 0,33 |
|                             | День  | 193                        | 5,  | 7,  | 0,39 | 193                        | 7,  | 8,  | 0,41 |
| Чегдомын                    | Сутки | 186                        | 5,  | 6,  | 0,18 | 183                        | 4,  | 6,  | 0,19 |
|                             | Ночь  | 186                        | 3,  | 3,  | 0,18 | 183                        | 0,  | 1,  | 0,15 |
|                             | День  | 186                        | 2,  | 2,  | 0,13 | 183                        | 2,  | 3,  | 0,17 |

| Станция                |       | Характеристика             |     |     |      |                            |     |     |      |
|------------------------|-------|----------------------------|-----|-----|------|----------------------------|-----|-----|------|
|                        |       | N                          | DP  | DU  | DT   | N                          | DP  | DU  | DT   |
| Николаевск             | Сутки | Заблаговременность<br>24 ч |     |     |      | Заблаговременность<br>48 ч |     |     |      |
|                        |       | 208                        | 4,  | 6,  | 0,19 | 209                        | 6,  | 7,  | 0,25 |
|                        |       | 208                        | 3,  | 4,  | 0,18 | 209                        | 4,  | 5,  | 0,29 |
|                        | Ночь  | 208                        | 0,  | 2,  | 0,18 | 209                        | 1,  | 2,  | 0,19 |
|                        |       | 204                        | 6,  | 6,  | 0,22 | 203                        | 0,  | 1,  | 0,10 |
|                        |       | 204                        | 3,  | 4,  | 0,26 | 203                        | 1,  | 1,  | 0,12 |
|                        | День  | 204                        | 2,  | 2,  | 0,11 | 203                        | 0,  | 0,  | 0,09 |
|                        |       | 208                        | 3,  | 6,  | 0,23 | 207                        | 2,  | 4,  | 0,16 |
|                        |       | 208                        | -5, | -2, | 0,13 | 207                        | -2, | -1, | 0,12 |
| Комсомольск            | Сутки | Заблаговременность<br>72 ч |     |     |      | Заблаговременность<br>96 ч |     |     |      |
|                        |       | 208                        | 2,  | 5,  | 0,28 | 207                        | 3,  | 4,  | 0,20 |
|                        |       | 210                        | 4,  | 7,  | 0,23 | 205                        | 5,  | 8,  | 0,26 |
|                        | Ночь  | 210                        | 2,  | 4,  | 0,26 | 205                        | 3,  | 4,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 5,  | 6,  | 0,26 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,15 |
|                        | День  | 173                        | 3,  | 5,  | 0,30 | 174                        | 1,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 2,  | 2,  | 0,14 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,18 |
|                        |       | 144                        | 3,  | 4,  | 0,21 | 141                        | 6,  | 6,  | 0,22 |
| Сов. Гавань            | Сутки | 144                        | 1,  | 1,  | 0,15 | 141                        | 3,  | 3,  | 0,24 |
|                        |       | 144                        | 1,  | 1,  | 0,17 | 141                        | 4,  | 4,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 4,  | 6,  | 0,30 | 205                        | 3,  | 5,  | 0,23 |
|                        | Ночь  | 209                        | 3,  | 4,  | 0,31 | 205                        | 2,  | 3,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 1,  | 2,  | 0,20 | 205                        | 1,  | 2,  | 0,19 |
|                        |       | 174                        | 8,  | 12, | 0,35 | 171                        | 4,  | 7,  | 0,25 |
|                        | День  | 174                        | 1,  | 4,  | 0,25 | 171                        | 2,  | 4,  | 0,26 |
|                        |       | 174                        | 4,  | 5,  | 0,29 | 171                        | 1,  | 1,  | 0,13 |
|                        |       | 176                        | 6,  | 8,  | 0,33 | 174                        | 7,  | 9,  | 0,38 |
| Хабаровск              | Сутки | 176                        | 3,  | 5,  | 0,33 | 174                        | 4,  | 5,  | 0,41 |
|                        |       | 176                        | 3,  | 4,  | 0,29 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        | Ночь  | 210                        | 2,  | 4,  | 0,26 | 205                        | 3,  | 4,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 5,  | 6,  | 0,26 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,15 |
|                        | День  | 173                        | 3,  | 5,  | 0,30 | 174                        | 1,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 2,  | 2,  | 0,14 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,18 |
|                        |       | 144                        | 3,  | 4,  | 0,21 | 141                        | 6,  | 6,  | 0,22 |
| Тында                  | Сутки | 144                        | 1,  | 1,  | 0,15 | 141                        | 3,  | 3,  | 0,24 |
|                        |       | 144                        | 1,  | 1,  | 0,17 | 141                        | 4,  | 4,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 4,  | 6,  | 0,30 | 205                        | 3,  | 5,  | 0,23 |
|                        | Ночь  | 209                        | 3,  | 4,  | 0,31 | 205                        | 2,  | 3,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 1,  | 2,  | 0,20 | 205                        | 1,  | 2,  | 0,19 |
|                        |       | 174                        | 8,  | 12, | 0,35 | 171                        | 4,  | 7,  | 0,25 |
|                        | День  | 174                        | 1,  | 4,  | 0,25 | 171                        | 2,  | 4,  | 0,26 |
|                        |       | 174                        | 4,  | 5,  | 0,29 | 171                        | 1,  | 1,  | 0,13 |
|                        |       | 176                        | 6,  | 8,  | 0,33 | 174                        | 7,  | 9,  | 0,38 |
| Зей                    | Сутки | 176                        | 3,  | 5,  | 0,33 | 174                        | 4,  | 5,  | 0,41 |
|                        |       | 176                        | 3,  | 4,  | 0,29 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        | Ночь  | 210                        | 2,  | 4,  | 0,26 | 205                        | 3,  | 4,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 5,  | 6,  | 0,26 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,15 |
|                        | День  | 173                        | 3,  | 5,  | 0,30 | 174                        | 1,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 2,  | 2,  | 0,14 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,18 |
|                        |       | 144                        | 3,  | 4,  | 0,21 | 141                        | 6,  | 6,  | 0,22 |
| Благовещенск           | Сутки | 144                        | 1,  | 1,  | 0,15 | 141                        | 3,  | 3,  | 0,24 |
|                        |       | 144                        | 1,  | 1,  | 0,17 | 141                        | 4,  | 4,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 4,  | 6,  | 0,30 | 205                        | 3,  | 5,  | 0,23 |
|                        | Ночь  | 209                        | 3,  | 4,  | 0,31 | 205                        | 2,  | 3,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 1,  | 2,  | 0,20 | 205                        | 1,  | 2,  | 0,19 |
|                        |       | 174                        | 8,  | 12, | 0,35 | 171                        | 4,  | 7,  | 0,25 |
|                        | День  | 174                        | 1,  | 4,  | 0,25 | 171                        | 2,  | 4,  | 0,26 |
|                        |       | 174                        | 4,  | 5,  | 0,29 | 171                        | 1,  | 1,  | 0,13 |
|                        |       | 176                        | 6,  | 8,  | 0,33 | 174                        | 7,  | 9,  | 0,38 |
| Облучье                | Сутки | 176                        | 3,  | 5,  | 0,33 | 174                        | 4,  | 5,  | 0,41 |
|                        |       | 176                        | 3,  | 4,  | 0,29 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        | Ночь  | 210                        | 2,  | 4,  | 0,26 | 205                        | 3,  | 4,  | 0,25 |
|                        |       | 210                        | 1,  | 2,  | 0,09 | 205                        | 2,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 5,  | 6,  | 0,26 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,15 |
|                        | День  | 173                        | 3,  | 5,  | 0,30 | 174                        | 1,  | 2,  | 0,15 |
|                        |       | 173                        | 2,  | 2,  | 0,14 | 174                        | 3,  | 3,  | 0,18 |
|                        |       | 144                        | 3,  | 4,  | 0,21 | 141                        | 6,  | 6,  | 0,22 |
| Екатеринино-Никольское | Сутки | 144                        | 1,  | 1,  | 0,15 | 141                        | 3,  | 3,  | 0,24 |
|                        |       | 144                        | 1,  | 1,  | 0,17 | 141                        | 4,  | 4,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 4,  | 6,  | 0,30 | 205                        | 3,  | 5,  | 0,23 |
|                        | Ночь  | 209                        | 3,  | 4,  | 0,31 | 205                        | 2,  | 3,  | 0,21 |
|                        |       | 209                        | 1,  | 2,  | 0,20 | 205                        | 1,  | 2,  | 0,19 |
|                        |       | 174                        | 8,  | 12, | 0,35 | 171                        | 4,  | 7,  | 0,25 |
|                        | День  | 174                        | 1,  | 4,  | 0,25 | 171                        | 2,  | 4,  | 0,26 |
|                        |       | 174                        | 4,  | 5,  | 0,29 | 171                        | 1,  | 1,  | 0,13 |
|                        |       | 176                        | 6,  | 8,  | 0,33 | 174                        | 7,  | 9,  | 0,38 |

| Станция     |       | Характеристика             |    |     |      |                            |     |     |      |
|-------------|-------|----------------------------|----|-----|------|----------------------------|-----|-----|------|
|             |       | N                          | DP | DU  | DT   | N                          | DP  | DU  | DT   |
|             |       | Заблаговременность<br>72 ч |    |     |      | Заблаговременность<br>96 ч |     |     |      |
| Нелькан     | Сутки | 204                        | 5, | 6,  | 0,24 | 200                        | 3,  | 5,  | 0,17 |
|             | Ночь  | 204                        | 2, | 2,  | 0,12 | 200                        | 2,  | 2,  | 0,07 |
|             | День  | 204                        | 1, | 3,  | 0,28 | 200                        | 2,  | 3,  | 0,23 |
| Аян         | Сутки | 197                        | 4, | 11, | 0,44 | 193                        | 5,  | 10, | 0,37 |
|             | Ночь  | 197                        | 2, | 7,  | 0,48 | 193                        | 3,  | 6,  | 0,37 |
|             | День  | 197                        | 4, | 6,  | 0,38 | 193                        | 3,  | 5,  | 0,35 |
| Чегдомын    | Сутки | 182                        | 5, | 7,  | 0,23 | 182                        | 11, | 12, | 0,34 |
|             | Ночь  | 182                        | 4, | 4,  | 0,28 | 182                        | 4,  | 5,  | 0,31 |
|             | День  | 182                        | 0, | 1,  | 0,15 | 182                        | 5,  | 5,  | 0,22 |
| Николаевск  | Сутки | 208                        | 4, | 7,  | 0,25 | 208                        | 10, | 12, | 0,33 |
|             | Ночь  | 208                        | 1, | 2,  | 0,15 | 208                        | 6,  | 7,  | 0,31 |
|             | День  | 208                        | 3, | 4,  | 0,25 | 208                        | 5,  | 6,  | 0,29 |
| Комсомольск | Сутки | 202                        | 2, | 2,  | 0,10 | 202                        | 4,  | 4,  | 0,17 |
|             | Ночь  | 202                        | 2, | 2,  | 0,12 | 202                        | 4,  | 4,  | 0,26 |
|             | День  | 202                        | 0, | 1,  | 0,12 | 202                        | 0,  | 0,  | 0,03 |
| Сов. Гавань | Сутки | 210                        | 2, | 4,  | 0,15 | 207                        | 2,  | 5,  | 0,19 |
|             | Ночь  | 210                        | 0, | 0,  | 0,12 | 207                        | -2, | 0,  | 0,20 |
|             | День  | 210                        | 2, | 3,  | 0,16 | 207                        | 2,  | 3,  | 0,20 |

### Осредненные по заблаговременностям оценки качества

| Станция          | Класс без осадков |     |      |      |      | В целом по классу |      |     |     |      |
|------------------|-------------------|-----|------|------|------|-------------------|------|-----|-----|------|
|                  |                   |     |      |      |      |                   |      |     |     |      |
|                  | N                 | E   | P    | U    | T    | N                 | E    | P   | U   | T    |
| <i>День</i>      |                   |     |      |      |      |                   |      |     |     |      |
| Хабаровск        | 617               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 418               | 3,0  | 50, | 45, | 0,08 |
| Тында            | 538               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 327               | 5,4  | 56, | 49, | 0,18 |
| Зея              | 452               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 261               | 2,8  | 57, | 54, | 0,19 |
| Благовещенск     | 709               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 330               | 4,3  | 61, | 51, | 0,17 |
| Облучье          | 569               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 302               | 4,1  | 51, | 45, | 0,20 |
| Екат.-Никольское | 653               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 222               | 2,8  | 49, | 46, | 0,26 |
| Нелькан          | 725               | 0,0 | 97,  | 97,  | 0,97 | 280               | 1,5  | 60, | 46, | 0,27 |
| Аян              | 627               | 0,0 | 96,  | 96,  | 0,96 | 343               | 6,2  | 57, | 57, | 0,37 |
| Чегдомын         | 541               | 0,0 | 97,  | 97,  | 0,97 | 375               | 2,6  | 44, | 40, | 0,20 |
| Николаевск       | 640               | 0,0 | 97,  | 97,  | 0,97 | 400               | 4,3  | 63, | 54, | 0,28 |
| Комсомольск      | 603               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 410               | 1,7  | 56, | 50, | 0,10 |
| Сов. Гавань      | 660               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 380               | 5,2  | 50, | 43, | 0,23 |
| <i>Ночь</i>      |                   |     |      |      |      |                   |      |     |     |      |
| Хабаровск        | 652               | 0,0 | 97,  | 97,  | 0,97 | 383               | 5,5  | 49, | 50, | 0,26 |
| Тында            | 585               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 280               | 6,0  | 48, | 44, | 0,22 |
| Зея              | 508               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 205               | 5,4  | 58, | 55, | 0,18 |
| Благовещенск     | 696               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 343               | 5,3  | 59, | 57, | 0,26 |
| Облучье          | 584               | 0,0 | 96,  | 96,  | 0,96 | 287               | 5,7  | 41, | 40, | 0,26 |
| Екат.-Никольское | 672               | 0,0 | 97,  | 97,  | 0,97 | 200               | 6,8  | 46, | 48, | 0,30 |
| Нелькан          | 748               | 0,0 | 100, | 100, | 1,00 | 257               | 3,3  | 33, | 26, | 0,09 |
| Аян              | 586               | 0,0 | 95,  | 95,  | 0,95 | 339               | 9,4  | 52, | 60, | 0,41 |
| Чегдомын         | 550               | 0,0 | 95,  | 95,  | 0,95 | 336               | 3,1  | 49, | 49, | 0,26 |
| Николаевск       | 647               | 0,0 | 98,  | 98,  | 0,98 | 393               | 4,3  | 56, | 52, | 0,24 |
| Комсомольск      | 633               | 0,0 | 99,  | 99,  | 0,99 | 380               | 4,3  | 58, | 56, | 0,19 |
| Сов. Гавань      | 733               | 0,0 | 96,  | 96,  | 0,96 | 307               | 16,5 | 45, | 45, | 0,20 |

## методического прогноза по классам и грациям осадков

| Класс осадков |      |     |     |      |                  |     |     |     |      |                         |      |     |     |       |
|---------------|------|-----|-----|------|------------------|-----|-----|-----|------|-------------------------|------|-----|-----|-------|
| Слабые осадки |      |     |     |      | Умеренные осадки |     |     |     |      | Сильные и очень сильные |      |     |     |       |
| N             | E    | P   | U   | T    | N                | E   | P   | U   | T    | N                       | E    | P   | U   | T     |
| День          |      |     |     |      |                  |     |     |     |      |                         |      |     |     |       |
| 315           | 2,4  | 64, | 57, | 0,09 | 89               | 4,7 | 8,  | 9,  | 0,09 | 14                      | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 243           | 4,9  | 72, | 63, | 0,24 | 59               | 0,8 | 7,  | 7,  | 0,07 | 25                      | 13,5 | 16, | 16, | 0,16  |
| 214           | 2,7  | 67, | 63, | 0,23 | 39               | 3,2 | 15, | 15, | 0,15 | 8                       | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 244           | 1,8  | 82, | 65, | 0,20 | 59               | 7,9 | 7,  | 12, | 0,12 | 27                      | 17,2 | 0,  | 7,  | 0,07  |
| 235           | 2,6  | 63, | 54, | 0,23 | 44               | 4,6 | 7,  | 11, | 0,11 | 23                      | 13,8 | 9,  | 22, | 0,22  |
| 165           | 2,3  | 57, | 52, | 0,17 | 48               | 2,1 | 31, | 31, | 0,31 | 9                       | 19,7 | 0,  | 10, | 0,10  |
| 251           | 1,5  | 65, | 49, | 0,30 | 26               | 1,6 | 19, | 19, | 0,19 | 3                       | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 209           | 5,7  | 70, | 68, | 0,34 | 108              | 3,8 | 40, | 40, | 0,40 | 26                      | 20,1 | 23, | 38, | 0,38  |
| 275           | 1,7  | 57, | 51, | 0,25 | 75               | 4,6 | 12, | 13, | 0,13 | 25                      | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 337           | 3,1  | 68, | 56, | 0,22 | 51               | 2,1 | 39, | 41, | 0,41 | 12                      | 17,9 | 17, | 50, | 0,50  |
| 342           | 1,7  | 66, | 60, | 0,13 | 50               | 0,0 | 0,  | 0,  | 0,00 | 18                      | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 259           | 2,4  | 65, | 52, | 0,21 | 96               | 6,3 | 20, | 23, | 0,23 | 25                      | 13,7 | 8,  | 28, | 0,28  |
| Ночь          |      |     |     |      |                  |     |     |     |      |                         |      |     |     |       |
| 283           | 6,3  | 57, | 58, | 0,26 | 80               | 3,4 | 25, | 26, | 0,26 | 20                      | 9,2  | 35, | 35, | 0,35  |
| 201           | 5,4  | 58, | 53, | 0,22 | 51               | 4,5 | 24, | 24, | 0,24 | 28                      | 12,5 | 21, | 21, | 0,21  |
| 150           | 5,8  | 72, | 68, | 0,16 | 37               | 1,7 | 19, | 19, | 0,19 | 18                      | 10,2 | 22, | 22, | 0,22  |
| 264           | 4,2  | 71, | 67, | 0,30 | 70               | 7,0 | 26, | 29, | 0,29 | 9                       | 4,9  | 11, | 11, | 0,11  |
| 189           | 5,4  | 51, | 47, | 0,25 | 82               | 4,7 | 23, | 26, | 0,26 | 16                      | 20,6 | 12, | 25, | 0,25  |
| 130           | 3,7  | 56, | 54, | 0,23 | 43               | 4,6 | 33, | 42, | 0,42 | 27                      | 18,6 | 22, | 33, | 0,33  |
| 209           | 3,5  | 40, | 31, | 0,10 | 44               | 2,1 | 7,  | 7,  | 0,07 | 4                       | 0,0  | 0,  | 0,  | -1,00 |
| 197           | 6,7  | 66, | 72, | 0,45 | 103              | 3,9 | 30, | 31, | 0,31 | 39                      | 22,7 | 26, | 56, | 0,56  |
| 271           | 2,6  | 61, | 60, | 0,31 | 79               | 2,0 | 19, | 19, | 0,19 | 16                      | 18,3 | 6,  | 12, | 0,12  |
| 298           | 5,3  | 65, | 59, | 0,20 | 95               | 3,2 | 29, | 29, | 0,29 | —                       | —    | —   | —   | —     |
| 313           | 5,0  | 65, | 63, | 0,17 | 51               | 2,4 | 29, | 29, | 0,29 | 16                      | 10,9 | 6,  | 6,  | 0,06  |
| 203           | 19,6 | 62, | 61, | 0,26 | 80               | 7,5 | 11, | 11, | 0,11 | 24                      | 12,3 | 25, | 25, | 0,25  |

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика. — 1983.
2. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. // Пер. с англ. — М.: Физматгиз. — 1963.
3. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. // Пер. с англ. — М.: Мир. — 1976.
4. Архангельский В. Л. Пути и скорости перемещения циклонов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. — Труды ДВНИГМИ. — 1956. — Вып. 1. — С. 25 — 28.
5. Архангельский В. Л. О влиянии Сихоте-Алиня на тепловое состояние нижней половины тропосферы в 1-ю и 2-ю фазы летнего муссона. // Труды ДВНИГМИ. — 1958. — Вып. 3. — С. 84—86.
6. Бальцер. AFREG — новейшая статистическая модель интерпретационного прогноза погоды на средние сроки. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеоздат. — 1989. — С. 24—26.
7. Барабашкина А. П., Лескова Е. А. О естественных синоптических периодах в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. // Труды ДВНИГМИ. — 1958. — Вып. 3. — С. 33—46.
8. Безух Н. Н. Детализированный прогноз температуры воздуха на 5 суток по дням для Кольского полуострова и акватории Баренцева моря. // Метеорология и гидрология. — 1988. — № 5. — С. 52—60.
9. Безух Н. Н., Харченко З. Н., Хорева Г. А. Результаты оперативных испытаний метода прогноза температуры воздуха по суткам пятидневки для Кольского полуострова и акватории Баренцева моря. // Результаты испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов. Информационный сборник № 18. — Л.: Гидрометеоздат. — 1989. — С. 37—41.
10. Бенгтсон Л. Прогнозы на средние сроки в Европейском центре прогнозов погоды на средние сроки (ЕЦСПП). // В сб. „Динамика погоды”. — Л.: Гидрометеоздат. — 1988. — С. 18—64.
11. Беспалов Д. П. Точность измерения температуры и влажности воздуха и перспективы ее повышения. // Труды ГГО. — 1956. — Вып. 61(123). — С. 3—21.
12. Бобылева Н. М. Альтернативный способ прогноза обложных осадков для Приморья в теплый период (май — август). // Труды ДВНИГМИ. — 1976. — Вып. 57. — С. 63—67.
13. Богачев А. Г. Проверка схемы среднесрочного прогноза погоды в квазиоперативном режиме. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеоздат. — 1989. — С. 3—6.
14. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. // Пер. с англ. — М.: Мир. — 1974.
15. Боровков А. А. Курс теории вероятностей. — М.: Наука. — 1972.
16. Боровков А. А. Математическая статистика. Оценка параметров, проверка гипотез. — М.: Наука. — 1984.



17. Булдовский Г. С. Об успешности оперативных прогнозов погоды по Москве, Московской области и 22 экономическим районам России и стран ближнего зарубежья в 1997 г. // Информационный сборник № 26. — Л.: Гидрометеиздат. — 2000. — С. 67—87.
18. Булдовский Г. С. Сравнительная оценка успешности отечественных и зарубежных численных схем прогноза. // Результаты испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов. Информационный сборник № 19. — Л.: Гидрометеиздат. — 1990. — С. 21—28.
19. Булдовский Г. С. Успешность оперативных прогнозов температуры воздуха, осадков и ветра по Москве, Московской области и 22 экономическим районам России и стран ближнего зарубежья в 1998 году. // Информационный сборник № 27. — СПб.: Гидрометеиздат. — 2000. — С. 95—106.
20. Вак Хан Сеп. Метод прогноза минимальной температуры воздуха на пять суток по дням в октябре и ноябре с использованием результатов численного прогнозирования. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 33—36.
21. Ван дер Варден Б. А. Математическая статистика. // Пер. с нем. — М.: Изд-во иностр. лит. — 1960.
22. Васильев П. П., Львова Л. С., Мищенко Е. А. Результаты испытания метода прогноза экстремальной температуры воздуха до 6 суток, детализированного по дням. // Информационный сборник 20 — Л.: Гидрометеиздат. — 1991. — С. 3—12.
23. Васильев П. П. Прогноз основных элементов погоды с использованием результатов интегрирования гидродинамических моделей атмосферы. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды международного симпозиума. Москва. 6—11 декабря 1987 г. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 85—113.
24. Васильев П. П. Прогноз температуры воздуха на 5 суток, детализированный по дням. // Метеорология и гидрология. — 1985. — № 1. — С. 5—13.
25. Васильев П. П. Прогноз элементов погоды на средние сроки на основе объективной интерпретации результатов интегрирования во времени гидродинамической модели атмосферы. // Труды Гидрометцентра СССР. — 1986. — Вып. 280. — С. 105—128.
26. Вербицкая Е. М. Методы и автоматизированная технология объективного прогноза элементов локальной погоды на срок до пяти суток с детализацией по дням для станций Амурской области и Хабаровского края. // Отчет по НИР 1.8.4.49. — Хабаровск. — 1996. — Инв. № 02960005864. — 224 с.
27. Вербицкая Е. М. Методы и оперативная технология среднесрочного прогноза элементов локальной погоды на основе статистической интерпретации гидродинамического прогноза. // Научная конференция „Гидрометеорология Дальнего Востока и окраинных морей Тихого океана“, посвященная 50-летию ДВНИГМИ. Тезисы докладов. — Владивосток: Изд-во ДВНИГМИ. — 2000. — С. 8.
28. Вербицкая Е. М. Объективный метод прогноза наличия и количества локальных осадков для станций Амурской области и Хабаровского края. // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды. Тезисы докладов. Секция 1. — Москва: Изд-во ВНИИГМИ—МЦД. — 1996. — С. 33—34.
29. Вербицкая Е. М. О возможности выборочной оценки основной моды при двухмодальном распределении случайной величины. // Сборник научных трудов НИИ КТ по математике. — Хабаровск: Изд-во ХГТУ. — 1997. — Вып. 2. — С. 16—22.
30. Вербицкая Е. М. О результатах испытания метода и автоматизированной технологии прогноза наличия и количества локальных осадков на пять суток с детализацией по дням для станций Амурской области и Хабаровского края. // Информационный сборник № 26. — СПб.: Гидрометеиздат. — 2000. — С. 31—43.

31. *Вербицкая Е. М.* Самонастраивающаяся статистическая модель прогноза элементов локальной погоды для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока РФ. // II Международная конференция по математическому моделированию. Тезисы докладов. — Якутск: Изд-во Института прикладной математики и информатики при ЯГУ. — 1997. — С. 134—135.
32. *Вербицкая Е. М.* Статистическая интерпретация гидродинамического прогноза для Амурской области и Хабаровского края с автоматизацией всех этапов работы. // Отчет по НИР РЗ.3.32. — Хабаровск. — 1990. — Инв. № 02910011873.
33. *Вербицкая Е. М.* Физико-статистическая модель прогноза локальных осадков для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока России. // Сборник трудов НИИ КТ. — Хабаровск: Изд-во ХГТУ. — 1999. — Вып. 8. — С. 80—98.
34. *Веселова Г. К., Розинкина И. А., Фролов А. В.* О качестве прогнозов метеорологических полей на средние сроки по спектральной модели Гидрометцентра России, реализованной на суперЭВМ CREY. // Информационный сборник № 26. — СПб.: Гидрометеиздат. — 2000. — С. 3—17.
35. *Веселов Е. П.* Номограмма для расчета скорости ветра на различных широтах с учетом местных условий. // Труды ДВНИГМИ. — 1977. — Вып. 68. — С. 105—108.
36. *Водзинская М., Пианко К.* Статистическая модель среднесрочного прогноза температуры воздуха. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 160—165.
37. *Высоцкая Е. А.* Синоптические условия сильных дождей в бассейне Среднего и Нижнего Амура в летне-осенний период. // Труды ДВНИГМИ. — 1958. — Вып. 3. — С. 78—100.
38. *Гандин Л. С., Качан Р. Л.* Статистические методы интерпретации метеорологических данных. — Л.: Гидрометеиздат. — 1976. — 359 с.
39. *Дальний Восток.* Физико-географическая характеристика. — М.: Изд-во АН СССР. — 1961. — 176 с.
40. *Дрейнер Н. Р., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. — М.: Статистика. — 1973.
41. *Егорова М. В.* Вероятность выпадения ливневых осадков днем в северной части Приморского края при различных сочетаниях типов высотного и приземного барических полей. // Труды ДВНИГМИ. — 1971. — Вып. 32. — С. 94—100.
42. *Занина А. А.* Климат Дальнего Востока. — Л. Гидрометеиздат. — 1958. — 166 с.
43. *Зверев А. С.* Синоптическая метеорология. — Л. Гидрометиздат. — 1955.
44. *Здева М. Я., Храмцова И. Г., Прокопьева И. П., Токарев В. Г., Шустова Г. А.* Опыт работы по созданию методов среднесрочного прогноза опасных и стихийных явлений погоды. // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды. Тезисы докладов. Секция 1. — М.: Изд-во ВНИИГМИ — МДЦ. — 1996. — С. 5—6.
45. *Информационные сборники* по результатам испытаний новых и усовершенствованных методов краткосрочных и долгосрочных прогнозов погоды. — СПб.: Гидрометеиздат. — 1987—1995.
46. *Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., Турбин А. Ф.* Справочник по теории вероятностей и математической статистике. — М.: Наука. — 1985. — 640 с.
47. *Крамер Г.* Математические методы статистики. // Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Мир. — 1975.
48. *Крюков В. Д., Ленишин В. Т.* Оперативная схема расчета приземного максимума дневной температуры воздуха по данным радиозондирования атмосферы за ночной срок. // Труды ДВНИГМИ. — 1976. — Вып. 57. — С. 41—50.

49. *Крюков В. Д., Ленишин В. Т.* Проверка метода краткосрочного прогноза приземного максимума дневной температуры воздуха по данным радиозондирования. // Труды ДВНИГМИ. — 1977. — Вып. 68. — С. 131—135.

50. *Ленишин В. Т.* Разработать и усовершенствовать методы прогноза локальных стихийных явлений конвективной природы (сильных осадков и градо-шквальных явлений) для Восточной Сибири и Дальнего Востока с заблаговременностью 12—36 часов. // Отчет по НИР 1.26.7. — Хабаровск. — 1990. — Инв. № 02910022397.

51. *Лескова Е. А.* Статистический способ прогноза месячного количества летних осадков в Приморском крае. // Метеорология и гидрология. — 1968. — № 2.

52. *Ливанова Н. А., Попкова А. Я.* Способ альтернативного прогноза ливней для территории Приморского края с заблаговременностью 15, 30 и 45 часов. // Труды ДВНИГМИ. — 1974. — Вып. 41. — С. 57—66.

53. *Майорова И. В.* Разработать усовершенствованный метод прогноза экстремальных температур воздуха у земли на 5 суток для Амурской области и Хабаровского края. // Отчет по НИР РЗ.3.29. — Хабаровск. — 1990. — Инв. № 02910022398. — 89 с.

54. *Маллер А., Капитань Э.* Состояние работ по составлению среднесрочных прогнозов осадков на срок до пяти суток в Метеорологической службе Венгерской Народной Республики. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 7—13.

55. *Марчук Г. И.* Численные методы в прогнозе погоды. — Л.: Гидрометеиздат. — 1967. — 356 с.

56. *Масягин Г. П.* Альтернативный прогноз осадков на сутки по южным районам Сахалина с заблаговременностью 69 часов. // Труды ДВНИГМИ. — 1980. — Вып. 88. — С. 75—99.

57. *Масягин Г. П.* Расчетные методы прогноза некоторых гидрометеорологических элементов и особо опасных явлений погоды на Сахалине. // Труды ДВНИИ. 1981. — Вып. 97. — 128 с.

58. *Методические указания* по проведению оперативных испытаний новых методов гидрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеиздат. — 1977. — 101 с.

59. *Методические указания.* Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов. РД 52.27.284—91. — Л.: Гидрометеиздат. — 1991.

60. *Методы среднесрочных прогнозов погоды.* // Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — 166 с.

61. *Мико А. В.* Прогноз скорости ветра у поверхности земли в Чите. // Труды ДВНИГМИ. — 1976. — Вып. 57. — С. 157—162.

62. *Мищенко Е. Л.* Оперативный среднесрочный прогноз осадков по территории СССР. // Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по статистической интерпретации гидродинамических прогнозов. — Нальчик. — 1989. — С. 7—8.

63. *Мищенко Е. Л.* Оценки оперативных прогнозов на средние сроки суточных сумм осадков по территории СССР и Западной Европы. // Информационный сборник № 20 — Л.: Гидрометеиздат. — 1991. — С. 13—18.

64. *Наставление* по службе прогнозов. Раздел 2, ч. III, IV, V. — М.: Гидрометеиздат. — 1981. — 55 с.

65. *Павлов Н. И.* О волновых процессах в атмосфере Тихого океана. // Труды ДВНИГМИ. — 1978. — Вып. 73. — С. 98—101.

66. *Павлов Н. И.* Синоптико-статистический метод прогноза перемещения тайфунов с заблаговременностью 1—3 суток. // Труды ДВНИГМИ. — 1971. — Вып. 32. — С. 3—12.

67. *Пановский Г. А., Брайер Г. В.* Статистические методы в метеорологии. — Л.: Гидрометеиздат. — 1967.

68. Пестерева Н. М., Стародубцева Л. А. Долгосрочный прогноз аномалии средней месячной суммы осадков, числа часов с осадками и индекса засухливости по зоне рисосеяния Приморского края. // Труды ДВНИГМИ. — 1997. — Вып. 147. — С. 218—227.

69. Пестерева Н. М. Синоптико-статистический метод долгосрочного прогноза средней месячной суммы осадков в июле по основному сельскохозяйственному району Приморья. // В сб.: Вопросы прогноза погоды, климата и циркуляции атмосферы. — Пермь: Изд-во Пермского гос. университета. — 1991. — Вып. 11.

70. Пинскер А. А. Расчетный способ прогноза осадков в мае и июле в Приморье. // Труды ДВНИГМИ. — 1977. — Вып. 68. — С. 80—84.

71. Пинскер А. А. К вопросу прогноза очень сильных дождей в Приморском крае летом. // Труды ДВНИИ. — 1986. — Вып. 119. — С. 66—78.

72. Полищук А. И. О статистической структуре летних осадков. // Труды ГГО. — 1972. — Вып. 286. — С. 39—54.

73. Пятый долгосрочный план ВМО на 2000—2009 гг. // ВМО. — № 908. — Женева, Швейцария. — 2000. — 88 с.

74. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Верхний и средний Амур. — Л.: Гидрометеиздат. — 1966. — 781 с.

75. Решетов В. Д. Изменчивость метеорологических элементов в атмосфере. — Л.: Гидрометеиздат. — 1973. — 215 с.

76. Романов Л. Н. О выборе моделей для статистического прогноза. — Труды ЗапСибНИИ. — 1990. — Вып. 93. — С. 3—11.

77. Руководство по автоматизированной оперативной обработке гидрометеорологической информации и по составлению численных прогнозов. — Л.: Гидрометеиздат. — 1984. — 64 с.

78. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. I. — Л.: Гидрометеиздат. — 1986.

79. Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. — М.: Наука. — 1971.

80. Сборник научных программ на ФОРТРАНЕ. Ч. I. Статистика. — М.: Статистика. — 1974. — 316 с.

81. Свиных Г. В., Воробьева Г. И., Ушакова Р. Н., Емельянова В. П. Расчетные методы прогноза месячных сумм осадков на Дальнем Востоке с использованием некоторых факторов-предсказателей. // Труды ДВНИИ. — 1983. — Вып. 109. — С. 3—11.

82. Свиных Г. В., Свиных Р. Э., Махиня В. Т. Синоптико-статистический метод прогноза декадного количества осадков на Дальнем Востоке. // Труды ДВНИГМИ. — 1974. — Вып. 41. — С. 128—137.

83. Свиных Г. В. Синоптико-статистические методы прогноза некоторых элементов циркуляции и погоды на 3—10 дней в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. // Труды ДВНИИ. — 1981. — Вып. 93. — С. 1—119.

84. Свиных Р. Э. Прогноз аномалии средней температуры воздуха на пентаду и декаду по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. // Труды ДВНИГМИ. — 1980. — Вып. 82. — С. 47—55.

85. Свиных Р. Э. Синоптико-гидродинамико-статистический способ прогноза средней пентадной минимальной и максимальной температуры воздуха на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. // Труды ДВНИИ. — 1983. — Вып. 102. — С. 91—96.

86. Свиных Р. Э. Статистический способ прогноза осадков в теплом полугодии на 1—2 дня по Приморскому краю. // Труды ДВНИГМИ. — 1971. — Вып. 32. — С. 79—93.

87. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. — М.: Мир. — 1980.

88. *Сергеев Н. И.* О влиянии адвекции на влагосодержание атмосферы над Восточной Сибирью в январе и июле. // Труды ДВНИГМИ. — 1976. — Вып. 57. — С. 157—162.

89. *Снитковский А. И., Сонечкин Д. М., Фукс-Рабинович М. С., Шаповалова Н. С.* Система объективного краткосрочного прогноза явлений и элементов погоды в США. — Обнинск, сер. Метеорология. — 1978. — 55 с.

90. *Сорочан О. Г.* К вопросу о природе летних осадков муссонной области Восточной Азии. // Труды ГГО. — 1957. — Вып. 72.

91. *Сорочан О. Г.* Характеристики переноса и трансформации осадкообразующих воздушных масс над Азиатской территорией СССР в зимний и летний сезоны. // Труды ГГО. — 1963. — Вып. 148. — С. 3—17.

92. *Струзер Л. Р., Нечаев И. Н., Богданова Э. Г.* Систематические погрешности измерения атмосферных осадков. // Метеорология и гидрология. — 1965. — № 10. — С. 50—54.

93. *Тарасенко В. Д.* Результаты испытания метода прогноза количества осадков для холодного полугодия по суткам пятидневки для южной половины Урала и Сибири. // Информационный сборник № 18. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 42—49.

94. *Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по статистической интерпретации гидродинамических прогнозов.* Нальчик, 25—30 сентября 1989 г. — М.: Гидрометцентр СССР. — 1989. — 41 с.

95. *Том З.* Вероятностные среднесрочные метеорологические прогнозы. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 22—23.

96. *Тунеголовцев В. П.* Альтернативный прогноз сильных дождей по территории Приморского края. // Международная конференция „Стихия. Строительство. Безопасность“. Владивосток, Россия, 8—12 сентября 1997. — Тезисы докладов. — Владивосток: ДВГТУ. — 1997.

97. *Тунеголовец В. П.* Разработать автоматизированный метод прогноза сильных дождей и снегопадов (СГЯ) по территории Приморья и Хабаровского края с заблаговременностью до 3 суток. // Отчет по НИР 1.8.5.63. — Владивосток. — 1994. — № гос. регистрации 01930010237.

98. *Федулова М. Н., Тарасенко М. А.* Способ прогноза осадков на 5 дней по районам, примыкающим к Байкало-Амурской магистрали, в июле—августе и результаты его испытания. // Труды ДВНИГМИ. — 1977. — Вып. 68. — С. 74—79.

99. *Фомин М. Г.* Основные положения комплексно-генетической классификации погоды по югу Дальнего Востока. // Труды ДВНИГМИ. — 1978. — Вып. 73. — С. 115—144.

100. *Фомин Н. Г., Панченко Г. В.* Синоптическая обусловленность местных генетических типов погоды юга Дальнего Востока в теплое полугодие. // Труды ДВНИГМИ. — 1978. — Вып. 75. — С. 126—136.

101. *Хан Сек Зу.* Метод прогноза осадков на пять суток в мае и июне. // Методы среднесрочных прогнозов погоды. Труды Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат. — 1989. — С. 29—32.

102. *Храмцова И. Г.* и др. Прогноз осадков на 1—5 дней в южной половине Урала и Сибири в холодное полугодие. // Труды ЗапСибНИГМИ. — 1989. — Вып. 90. — С. 3—12.

103. *Храмцова И. Г., Прокопьева И. П.* Прогноз осадков по гидродинамическим прогностическим картам давления и геопотенциала на поверхности 500 гПа. // Труды ЗапСибНИГМИ. — 1989. — Вып. 89. — С. 108—114.

104. Храмцова И. Г., Шустова Г. А. Опыт использования в оперативных условиях модели прогноза экстремальной температуры на 1—6 дней. // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. — 1990. — Вып. 93. — С. 75—79.

105. Храмцова И. Г., Шустова Г. А. Схема прогноза температуры воздуха у земли на 5 суток по дням для районов Сибири. // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. — 1986. — Вып. 79. — С. 10—21.

106. Эстерле Г. Р. Адаптивная региональная схема статистической интерпретации на основе концепции MOS. // Тезисы докладов Всесоюзной конференции „Статистическая интерпретация гидродинамических прогнозов”. — Алма-Ата. — 1987. — С. 5—6.

107. Эстерле Г. Р. и др. Вероятностно-статистический прогноз трехсуточных осадков. // Труды САНИИ. — 1979. — Вып. 73/54. — С. 58—62.

108. Юдин М. И. Изменчивость метеорологических элементов в пространстве и во времени. // В кн.: А. И. Воейков и современные проблемы климатологии. — Л.: Гидрометеиздат. — 1956. — С. 175—192.

109. Anderson R. L., Bancroft T. A. Statistical theory in research. — McGraw-Hill Book Co., New York. — 1952.

110. Klein W. H., Lewis F. Computer forecast of maximum and minimum temperatures. // J. Appl. Meteorol. — 1970. — Vol. 9. — P. 350—359.

111. Lemcke C., Kruizinga S. Model Output Statistics Forecasts: Three Years of Operational Experience in the Netherlands // Mon. Wea. Rev. — 1988. — Vol. 116. — P. 1077—1090.

112. Woodcock F. Australian experiment model output statistics forecasts of daily maximum and minimum temperature. // Mon. Wea. Rev. — 1984. — Vol. 112. — P. 2112—2121.

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие .....                                                                                                                                                                 | 3  |
| 1 Выбор концепции РЭП в подсистеме среднесрочного прогноза элементов локальной погоды для Дальневосточного региона .....                                                          | 8  |
| 2. Физико-географические и математические аспекты алгоритма построения статистических моделей для прогноза элементов погоды на основе интерпретации метеорологических полей ..... | 15 |
| 2.1. Временные границы исходной выборки .....                                                                                                                                     | 15 |
| 2.2. Принципы формирования списка потенциальных предикторов .....                                                                                                                 | 16 |
| 2.3. Список потенциальных предикторов .....                                                                                                                                       | 23 |
| 2.4. Деление исходной выборки на классы статистически однородных событий .....                                                                                                    | 25 |
| 2.5. Алгоритм построения расчетных уравнений .....                                                                                                                                | 32 |
| 3. Комплексный метод прогноза экстремальной и среднесуточной температуры воздуха у земли .....                                                                                    | 41 |
| 3.1. Описание метода .....                                                                                                                                                        | 41 |
| 3.2. Способ определения классов статистически однородных событий ..                                                                                                               | 44 |
| 3.3. Результаты оперативных испытаний для станций Амурской области и Хабаровского края .....                                                                                      | 53 |
| 4. Методика прогноза скорости и направления приземного ветра .....                                                                                                                | 61 |
| 4.1. Описание методики .....                                                                                                                                                      | 61 |
| 4.2. Результаты оперативно-производственных испытаний для станций Амурской области и Хабаровского края .....                                                                      | 63 |
| 5. Метод прогноза наличия и количества осадков .....                                                                                                                              | 69 |
| 5.1. Описание метода .....                                                                                                                                                        | 71 |
| 5.1.1. Расчет количества осадков .....                                                                                                                                            | 72 |
| 5.1.2. Определение типов текущих процессов .....                                                                                                                                  | 73 |
| 5.1.3. Порядок определения градаций осадков .....                                                                                                                                 | 75 |
| 5.1.4. Согласование суточных и полусуточных сумм осадков .....                                                                                                                    | 77 |
| 5.2. Метод расчета дискриминантных уровней .....                                                                                                                                  | 79 |
| 5.3. Физико-статистические аспекты деления выборок на ситуации и их вероятностный смысл .....                                                                                     | 82 |

|                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4. Способ моделирования вероятности выпадения осадков в данном типе ситуации . . . . .                                                                                              | 84  |
| 5.5. Результаты испытаний метода прогноза наличия и количества осадков для станций Амурской области и Хабаровского края . . . . .                                                     | 85  |
| 6. Технология расчета прогноза на ПЭВМ . . . . .                                                                                                                                      | 92  |
| 6.1. Информационная база данных . . . . .                                                                                                                                             | 92  |
| 6.2. Блок считывания информации из оперативной базы данных . . . . .                                                                                                                  | 94  |
| 6.3. Пакеты программ, реализующих алгоритм построения расчетных уравнений, и система фиксации результатов прогноза . . . . .                                                          | 96  |
| 6.3.1. Комплекс программ общего назначения . . . . .                                                                                                                                  | 96  |
| 6.3.2. Управляющая программа и особенности ее модификации для прогноза различных элементов погоды . . . . .                                                                           | 98  |
| 6.4. Порядок расчета прогноза . . . . .                                                                                                                                               | 99  |
| Заключение . . . . .                                                                                                                                                                  | 100 |
| Приложения . . . . .                                                                                                                                                                  | 104 |
| 1. Оправдываемость прогноза экстремальных температур ( $t_{\min}/t_{\max}$ ), осредненная по 12 станциям Амурской области и Хабаровского края (1991—1993 гг.) . . . . .               | 104 |
| 2. Пример увеличения обеспеченности прогнозов $t_{\min}$ для моделей различного уровня сложности, разработанных на единой информационной основе (ноябрь—март 1975—1984 гг.) . . . . . | 105 |
| 3. Список потенциальных предикторов. Формирование серий предикторов. Нумерация векторов предикторов в массиве программы прогноза. Первый вектор — предиктант . . . . .                | 106 |
| 4. Распределение (%) архивных выборок по ситуациям $f(IV, IP)$ . . . . .                                                                                                              | 115 |
| 5. Среднесезонная оправдываемость (%) прогноза „б/о” и ее распределение по ситуациям . . . . .                                                                                        | 119 |
| 6. Среднесезонные значения (мм) дискриминантных уровней $DU(IV, IP)$ . . . . .                                                                                                        | 127 |
| 7. Превышение (%) оправдываемости предварительного прогноза (этапы 1, 2) над $P(б/о)$ . . . . .                                                                                       | 135 |
| 8. Оценка качества прогноза осадков за период с апреля 1997 г. по февраль 1998 г. . . . .                                                                                             | 143 |
| 9. Превышение качества методического прогноза осадков над качеством контрольного прогноза (б/о) . . . . .                                                                             | 147 |
| 10. Осредненные по заблаговременностям оценки качества методического прогноза по классам и градациям осадков . . . . .                                                                | 150 |
| Список литературы . . . . .                                                                                                                                                           | 152 |