

Т.М. Журавлева, Г.И. Анжина, Т.В. Зубович, Л.И. Алексева

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ЗИМНИЕ МЕСЯЦЫ ПО СТАНЦИЯМ о. САХАЛИН С БОЛЬШОЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ

Введение

Для создания новых и совершенствования существующих методов долгосрочного прогнозирования элементов погоды требуется дальнейшее познание закономерностей развития взаимосвязанных между собой процессов, происходящих в системе атмосфера—гидросфера—литосфера. Найти в большом многообразии физических параметров, описывающих состояние этой системы, самые важные факторы, формирующие погоду в настоящем и будущем, на сегодняшний день задача непростая. Поэтому в долгосрочном плане наиболее реальным способом ее решения, на наш взгляд, все еще остается статистический. Статистические методы позволяют отыскать различные взаимозависимости между параметрами системы и учесть их при долгосрочном прогнозировании.

Данная работа является продолжением научных исследований, начатых в отделе долгосрочных прогнозов (ОДПП) Дальневосточного регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института (ДВНИГМИ) около 15 лет назад. Применительно к Дальневосточному региону в то время была проверена гипотеза о том, что на Северном полушарии существуют такие области, в которых аномальное состояние гидрометеорологических параметров может указывать в будущем на большие аномалии в элементах погоды удаленных территорий («дальние связи»). Был разработан алгоритм объективного способа нахождения этих областей (информативных точек) в полях H_{500} , H_{100} , P_0 , T_0 над Северным полушарием для целей долгосрочного прогноза

аномалии температуры воздуха (ΔT) и сумм осадков (ΔR). Он подробно описан в статье [2]. Здесь лишь кратко упомянем суть алгоритма поиска информативных районов, которая заключается в следующих моментах.

В аномально теплые и аномально холодные классы отнесены только те месяцы, в которых температура воздуха отклоняется от нормы на величину $\pm 0,67\sigma$. Остальные относятся к классу близких к норме аномалий. Это первый условный критерий в алгоритме. Далее каждому классу ΔT ставятся в соответствие элементы предиктора, которые затем анализируются на степень информативности еще по двум критериям – R_{ij} и P_k , расчетные формулы для которых приведены ниже.

Величина R_{ij} характеризует степень межклассового различия для предиктора и рассчитывается по формуле:

$$R_{ij} = |X_i - X_j| / \sigma_p,$$

где i, j – номера противоположных по знаку аномалии классов; X_i, X_j – средние значения предикторов (H_{500} или P_0) в i -м и j -м классах; σ_p – среднее квадратическое отклонение всей исходной выборки предиктора.

Величина P_k показывает повторяемость положительного (отрицательного) знака аномалии исследуемого поля-предиктора в каждом классе в процентах (степень однородности классов) и рассчитывается по формуле:

$$P_k (\%) = 100 n_k / N_k,$$

где n_k – число случаев с положительной аномалией элемента в k -й точке поля; N_k – общее число случаев, вошедших в данный класс элемента в k -й точке поля.

Чем больше значения R_{ij} и P_k , тем существеннее межклассовые различия в поле предиктора H_{500} или P_0 , тем информативнее предиктор. В конечном итоге в поле предиктора выбираются только те точки, в которых одновременно (4-е условие отбора) в противоположных по знаку ΔT классах выдерживаются все три рассчитанные критерия. При этом, если $P \geq 60\%$ в 1-м классе и одновременно $P < 40\%$ в 3-м классе, связь между ΔT и предиктором прямая. Если $P \geq 60\%$ в 3-м классе и $P < 40\%$ в 1-м классе, – связь обратная. Области скопления таких точек условно названы информативными районами.

По этому алгоритму в отделе был получен большой архив информативных районов, представленный в виде 420 карт. В дальнейшем предполагалось опробовать их в качестве потенциальных предикторов при прогнозе ΔT и ΔR для отдельных регионов Дальнего Востока с различной заблаговременностью.

Результаты первой апробации найденных информативных районов в полях H_{500} и P_0 Северного полушария в качестве предсказателей для долгосрочного прогноза знака ΔT весной в Приморском крае, начатой в 1992 г., опубликованы в работе [3]. Также изучены возможности их использования для прогноза знака ΔT весной на о. Сахалин с большой заблаговременностью (о результатах упоминается в работе [5]). Заметим, что в то время названные прогнозы составлялись «ручным» способом на основе архива карт информативных районов, в которых зафиксированы качественные прямые или обратные зависимости между знаками аномалии предиктора в информативном районе и аномалии прогнозируемого элемента. Удовлетворительная успешность фоновых прогнозов позволила надеяться на то, что использование информативных районов будет удачным при прогнозе не только знака, но и величины ΔT .

Начиная с 1999 г. работа продолжалась в направлении создания автоматизированного статистического метода и технологии прогноза знака и величины ΔT с большой заблаговременностью на весенние месяцы в целом для территории о. Сахалин. Созданы программные средства для статистической модели, включающей объективный поиск информативных предикторов по упомянутому выше алгоритму из [2] и расчет по ним прогностических значений ΔT по стандартной программе пошаговой множественной регрессии [16], а также блок оценки прогнозов по Наставлению [9] и Методическим указаниям [8]. Для хранения и использования гидрометеорологической информации заимствованы программные средства, разработанные ранее в ОДПП. На зависимой (1959–1989 гг.) и независимой (1990–1996 гг.) выборках авторам удалось найти оптимальные прогностические схемы для прогноза ΔT на календарные весенние месяцы с заблаговременностью (τ) 5 и 6 мес. в целом для территории о. Сахалин. Авторские испытания прогностических схем для всей территории острова показали успешность, равную в среднем 87 %. Результаты представлены в [5, 10].

В 2001 г. метод прогноза на весенние месяцы был усовершенствован для расчета ΔT по 9 станциям о. Сахалин: Александровск, Оха, Тымовское, Поронайск, Углегорск, Холмск, Корсаков, Погиби, Южно-Сахалинск [7, 11]. Была создана технология для автоматизированного прогноза с использованием оперативных данных, поступающих по каналам связи в ГИС МЕТЕО базы ЛАССО. Авторские (1992–1998 гг.) и оперативные (2002–2004 гг.) испытания автоматизированного метода показали успешность 91 и 83 % соответственно и рекомендованы к внедрению.

Цель работы и использованная методология

Известно, что аномалия средней месячной температуры воздуха труднее всего поддается прогнозу в зимний период не только в исследуемом регионе о. Сахалин, но и по многим другим территориям [4]. По этой причине настоящее исследование посвящено созданию автоматизированного статистического метода прогноза ΔT с большой заблаговременностью для станций о. Сахалин на месяцы зимних синоптических сезонов этого региона: декабрь, январь – первой и февраль, март – второй половины зимы [13–15].

В данной работе также использованы методология, изложенная в [1, 2, 5] для поиска предикторов – информативных точек в полях H_{500} и P_0 Северного полушария, и основные принципы построения прогнозных моделей, представленных уравнениями множественной пошаговой регрессии, примененные авторами для прогноза ΔT в работах [5, 7, 10, 11] на весенние и в [6, 12] – на зимние месяцы по станциям о. Сахалин. Поскольку они в вышеназванных работах описаны достаточно подробно, здесь кратко изложим основные результаты, полученные при создании автоматизированного статистического метода долгосрочного прогноза ΔT на зимние месяцы в рассматриваемом регионе.

Материалы, использованные при создании и испытании метода

Архивы данных по температуре воздуха в зимних месяцах подготовлены за период с 1954 по 2004 г. по тем же упомянутым выше 9 станциям о. Сахалин, для которых был разработан метод прогноза ΔT на весенние месяцы. Прежде чем получить фактические средние значения ΔT за конкретные месяцы, были рассчитаны многолетние средние

значения температуры воздуха на использованном в работе базовом периоде длиной 30 лет (1961–1990 гг.), рекомендованном Всемирной метеорологической организацией (ВМО) на период разработки данного метода. Относительно этих средних были рассчитаны аномалии и средние квадратические отклонения температуры воздуха отдельно для каждого месяца.

На базе данных NCEP/NCAR Reanalysis за срок 00 ч ВСВ были созданы архивы средних месячных значений барических полей на двух уровнях атмосферы – у поверхности земли (P_0) и на уровне 500 гПа (H_{500}) в узлах стандартной сетки $5 \times 10^\circ$ за период с 1954 по 1998 г. Многолетние средние значения P_0 и H_{500} и их средние квадратические отклонения рассчитаны на том же базовом периоде, что и температура воздуха.

Для поиска предсказателей использовались также средние месячные температуры воздуха для всех месяцев и рассчитанные в ОДПП ДВНИГМИ индексы зональной циркуляции Е.Н. Блиновой за период с 1954 по 1998 г. [17]. Кроме этого были опробованы и другие расчетные параметры, например, подготовленные новые наборы индексов состояния пар центров действия атмосферы (ЦДА), сформированных ранее в [5, 10]. Индексы рассчитаны по рядам давления за период 1954–1999 гг. для четырех перманентных и шести сезонных ЦДА. Это перманентные океанические центры над Атлантическим океаном – Азорский максимум и Исландский минимум, над Тихим океаном – Гонолульский максимум и Алеутский минимум; континентальные сезонные центры – Сибирский и Канадский максимумы (в холодное полугодие), Азиатский и Калифорнийский минимумы (в теплое полугодие). Рассматривались и региональные ЦДА теплого периода: Охотский антициклон и Дальневосточная депрессия. Кроме этого информативные точки отыскивались в полях относительной топографии $H_{500/1000}$, которые рассчитывались по данным полей H_{500} и P_0 .

Для проведения испытаний, приближенных к оперативным условиям приема и обработки информации (квазиоперативных), был использован другой набор полей H_{500} и P_0 , полученный посредством оперативного приема и обработки данных центра KWBC (Вашингтон). Прием осуществлялся из базы ЛАССО ГИС МЕТЕО в сетке $5 \times 5^\circ$ за период с 1998/99 по 2004/05 г.

Проведение экспериментов

Отрабатывались несколько вариантов прогностической модели: одноуровневые с использованием информативных очагов либо в полях H_{500} , либо в P_0 ; двухуровневые — с использованием информативных очагов в полях H_{500} и P_0 . Кроме того, испытывались одноуровневые варианты модели с использованием в качестве предикторов и других расчетных параметров, перечисленных выше. Помимо этого, в качестве предикторов использовались средние месячные значения температуры воздуха на упомянутых выше станциях о. Сахалин и индекс зональной циркуляции над Северным полушарием Е.Н. Блиновой.

Отбор предикторов и построение уравнений с использованием всей упомянутой выше информации осуществлялись для каждой станции в отдельности. Был применен статистический аппарат пошаговой множественной регрессии, в котором матрица ковариаций пересчитывается после каждого отобранного предиктора [16]. Константа, задаваемая при отборе независимых переменных, равна 0,05.

Для каждого месяца сезонов первой и второй половин зимы (с декабря по март) рассчитывались прогнозы ΔT с заблаговременностью от 0 до 6 мес. Обучающаяся выборка, по которой составлялись уравнения регрессии, составила 37 лет (1954/55–1990/91 гг.). Независимый ряд или экзаменационная выборка, по которой рассчитывались контрольные прогнозы, принят длиной 7 лет (1991/92–1997/98 гг.). Прогнозы на обучающейся и экзаменационной выборке оценивались в соответствии с Наставлением [9] по каждой из 9 станций в предположении, что область прогноза содержит только одну станцию. Используемая здесь методика оценки [9] применяется в практике гидрометеорологического обслуживания для официальных месячных прогнозов с нулевой заблаговременностью. В нашем случае заблаговременность намного больше. Тем не менее по этой методике оценивалась успешность предлагаемых прогностических схем.

Эксперименты по настройке модели для прогноза ΔT на зиму по станциям о. Сахалин проводились по аналогии с весенними месяцами [7, 11] по одноуровневому варианту, где в число потенциальных предсказателей пошаговой регрессионной модели входили информативные точки в поле H_{500} . Предсказатели брались из разных предшествующих

периодов времени со сдвигами в $-1, -2, -3, -4, -5, -6$ и -7 мес., что соответствует заблаговременности $0, 1, 2, 3, 4, 5$ и 6 мес.

Для 5 и 6-месячной заблаговременности качество зимних прогнозов на зависимой выборке получилось удовлетворительное, на независимой — удовлетворительное лишь на отдельных станциях (при $P > 60\%$).

В связи с этим, с целью оценки прогностических возможностей модели, на втором этапе была проведена серия экспериментов, различающихся исходной информацией ($P_0, H_{500}, H_{500/1000}$, индекс Е.Н. Блиновой, индексы состояния пар ЦДА, средняя месячная температура на станции и их комбинации) и заблаговременностью (от 0 до 6 мес.). Для каждого варианта прогнозов были рассчитаны показатели успешности $\rho, Q, P\%$, согласно [8, 9]. Ограниченное число экспериментов показало, что существенного улучшения прогнозов при добавлении новых предикторов не происходило. Поэтому продолжался поиск других вариантов прогностической модели по пути увеличения их заблаговременности от 5 до 12 мес. Для этого была осуществлена модификация модели. При этом варианты с $\tau < 5$ мес. уже не рассматривались. Дальнейшие эксперименты проводились по одноуровневому (только с H_{500} или P_0) и двухуровневому (с H_{500} и P_0) вариантам модели.

Анализ отобранных схем прогноза и оценок их успешности

Из множества вариантов для каждой из 9 станций и каждого прогнозируемого месяца на зависимой выборке построены, затем на независимом материале отобраны по одной наиболее удачной по всем трем показателям успешности $\rho, Q, P\%$ прогностической схеме (табл. 1). Выбранные схемы закреплены в прогностическом модуле. Оценки успешности прогнозов ΔT за независимый период также приводятся в табл. 1.

В прогностических уравнениях подстрочные индексы у предсказателей означают номер информативной точки (номер узла сетки $5 \times 10^\circ$). В графе 4 стоят условные обозначения варианта модели. Аббревиатура «Inf» означает, что расчеты осуществлялись с использованием информативных точек в полях H_{500} (Inf_ H) или P_0 (Inf_ P), а аббревиатура Inf_ H _ P означает, что используется двухуровневый вариант модели, когда информативные точки отыскиваются в полях H_{500} и P_0 и совместно включаются в прогностическую схему.

Таблица 1
Оптимальные прогностические схемы для прогноза ΔT на зимние месяцы по девяти станциям о. Сахалин и их успешность на независимой выборке 1991/92 – 1997/98 гг.

Название станции	Месяц прогноза	τ , месяцев	Вариант модели	Прогностическое уравнение	Оценки успешности		
					ρ	Q	$P\%$
Александровск	XII	10	Inf_H	$\Delta T = 0,366\Delta H_{612}$	0,43	0,26	82
	I	7	Inf_H	$\Delta T = 0,499\Delta H_{496} + 0,339\Delta H_{439}$	0,43	1,28	68
	II	5	Inf_H	$\Delta T = 0,413\Delta H_{385} + 0,315\Delta H_{318}$	1,00	0,77	68
	III	6	Inf_H	$\Delta T = 0,341\Delta H_{300} + 0,291\Delta H_{391} - 0,226\Delta H_{359}$	0,71	0,61	79
	XII	7	Inf_P	$\Delta T = 0,524\Delta P_{365} - 0,475\Delta P_{595} - 0,308\Delta P_{462}$	0,71	0,31	89
	I	6	Inf_H	$\Delta T = 0,378\Delta H_{679} - 0,425\Delta H_{644}$	0,43	0,89	68
Оха	II	6	Inf_P	$\Delta T = -0,395\Delta P_{216} - 0,434\Delta P_{681} + 0,331\Delta P_{675}$	0,71	0,57	71
	III	12	Inf_H	$\Delta T = 0,505\Delta H_{393} + 0,392\Delta H_{420}$	0,14	0,38	75
	XII	12	Inf_P	$\Delta T = 0,474\Delta P_{370} + 0,274\Delta P_{518}$	0,71	0,27	75
Тыловское	I	7	Inf_H	$\Delta T = 0,288\Delta H_{496} - 0,275\Delta H_{153} + 0,222\Delta H_{642}$	0,14	0,90	68
	II	5	Inf_P	$\Delta T = -0,347\Delta P_{133} + 0,322\Delta P_{677}$	0,71	0,67	79
	III	6	Inf_H	$\Delta T = 0,356\Delta H_{300} - 0,386\Delta H_{437} + 0,494\Delta H_{326} - 0,334\Delta H_{360}$	1,00	0,18	89
	XII	10	Inf_P	$\Delta T = -0,383\Delta P_{241}$	1,00	0,52	82
Поронайск	I	7	Inf_H	$\Delta T = 0,859\Delta H_{496} - 1,133\Delta P_{474} + 0,982\Delta H_{608}$	0,43	0,85	71
	II	11	Inf_P	$\Delta T = 0,482\Delta P_{575} + 0,287\Delta P_{372}$	0,14	0,59	71
	III	12	Inf_P	$\Delta T = -0,322\Delta P_{360} - 0,310\Delta P_{192}$	0,14	0,15	96
Углегорск	XII	10	Inf_P	$\Delta T = 0,546\Delta P_{400} + 0,474\Delta P_{358} - 0,608\Delta P_{472} + 0,408\Delta P_{474}$	0,43	0,34	86
	I	6	Inf_H	$\Delta T = 0,332\Delta H_{679} + 0,394\Delta H_{442}$	0,71	0,66	61
	II	5	Inf_H	$\Delta T = 0,418\Delta H_{326} + 0,290\Delta H_{319} - 0,284\Delta H_{275}$	1,00	0,55	79
	III	12	Inf_P	$\Delta T = 0,292\Delta P_{398} + 0,317\Delta P_{312} + 0,303\Delta P_{337}$	0,14	0,27	89

Окончание таблицы 1

Название станции	Месяц прогноза	τ, месяцев	Вариант модели	Прогностическое уравнение	Оценки успешности		
					ρ	Q	P %
Холмск	XII	10	Inf_H	$\Delta T = -0,296\Delta H_{161} + 0,264\Delta H_{612}$	0,71	0,25	89
	I	6	Inf_H	$\Delta T = 0,397\Delta H_{342} - 0,323\Delta H_{467}$	-0,14	1,38	61
	II	12	Inf_H	$\Delta T = 0,525\Delta H_{327} + 0,390\Delta H_{492}$	0,71	0,68	79
Корсаков	III	12	Inf_H	$\Delta T = 0,427\Delta H_{428} - 0,349\Delta H_{357} + 0,248\Delta H_{513}$	0,14	1,06	75
	XII	9	Inf_P	$\Delta T = -0,456\Delta P_{50} - 0,341\Delta P_{888}$	1,00	0,16	93
	I	6	Inf_H	$\Delta T = -0,348\Delta H_{190} - 0,259\Delta H_{128} + 0,247\Delta H_{360}$	0,71	0,44	79
Южно-Сахалинск	II	5	Inf_P	$\Delta T = -0,385\Delta P_{169} + 0,354\Delta P_{676} - 0,282\Delta P_{82}$	0,43	1,01	75
	III	12	Inf_P	$\Delta T = 0,285\Delta P_{634} + 0,410\Delta P_{393}$	1,00	0,33	93
	XII	7	Inf_P	$\Delta T = 0,599\Delta P_{365} - 0,445\Delta P_{595} + 0,362\Delta P_{247}$	0,71	0,45	86
Погиби	I	6	Inf_H	$\Delta T = 0,337\Delta H_{679} - 0,393\Delta H_{129}$	0,43	0,96	71
	II	9	Inf_P	$\Delta T = 0,385\Delta P_{246} - 0,233\Delta P_{300} - 0,233\Delta P_{679}$	0,71	0,38	79
	III	11	Inf_H	$\Delta T = 0,382\Delta H_{222} - 0,348\Delta H_{644}$	0,43	0,50	75
Средние оценки (МСТ)	XII	10	Inf_P	$\Delta T = 0,251\Delta P_{359} - 0,239\Delta P_{206}$	0,71	0,16	93
	I	6	Inf_H	$\Delta T = 0,283\Delta H_{342} + 0,311\Delta H_{679} - 0,319\Delta H_{180}$	0,71	0,78	71
	II	5	Inf_P	$\Delta T = -0,466\Delta P_{169} + 0,282\Delta P_{433} + 0,252\Delta P_{676}$	0,71	0,74	79
Средние оценки (МСТ)	III	7	Inf_P	$\Delta T = 0,772\Delta P_{493} - 0,321\Delta P_{323} - 0,506\Delta P_{457}$	0,43	0,36	82
	XII				0,71	0,30	86,1
	I				0,40	0,90	68,7
Средние оценки (МСТ)	II				0,68	0,66	75,6
	III				0,46	0,43	83,7
	XII-III				0,56	0,57	78,5

Данные табл. 1 показывают, что практически на всех станциях температурный фон удалось предсказать правильно ($\rho > 0$ – от 0,14 до 1,00, в среднем 0,56). Знак аномалии не оправдался лишь на станции Холмск в январе ($\rho = -0,14$). Успешность прогнозов величины аномалии по параметру P по всем схемам для трех месяцев (декабрь, февраль, март) хорошая – от 75 до 96 %. Для января – несколько меньше: минимальная – 61 % на станциях Углегорск и Холмск и максимальная – 79 % на станции Корсаков. В среднем по всем станциям (вариант оценки МСТ – методический по станциям) для всего зимнего периода успешность методических прогнозов величины аномалии по параметру Q равна 0,57, по критерию P – 78,5 %. Параметр Q оказался заметно больше единицы только в январе для двух станций – Александровск и Корсаков.

Интересно, что одинаковой оптимальной заблаговременности для всех станций найти не удалось. В среднем в 36 выбранных схемах (4 мес. \times 9 станций) она распределилась в пределах от 5 до 12 мес. неравномерно (рис. 1).

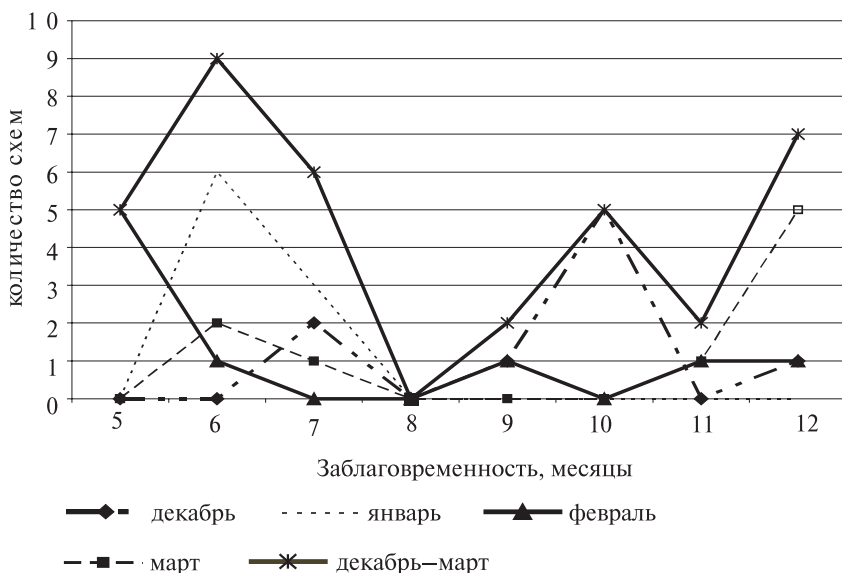


Рис. 1. Распределение количества оптимальных прогностических схем для зимних месяцев при разной заблаговременности прогноза.

Оптимальные прогностические уравнения по станциям о. Сахалин в большинстве своем (9, 7, 6, 5 и 5 уравнений) построены с $\tau = 6, 12, 7, 5$ и 10 мес. соответственно. По два уравнения отобрано с $\tau = 9$ и 11 мес. Для $\tau = 8$ мес. не нашлось ни одной удачной прогностической схемы. Если анализировать заблаговременность схем отдельно по месяцам, то по большинству станций она соответствует для декабря 10 (5 станций), для января – 6 и 7 (6 и 3 станции), для февраля – 5 (5 станций) и марта – 12 мес. (5 станций).

Положение информативных точек в тропосфере Северного полушария

Анализируя расположение вошедших в прогностические уравнения (табл. 1) информативных точек на полушарии, можно заметить, что для декабря они выбраны преимущественно в поле приземного давления P_0 , для января – в поле H_{500} , для февраля – с преобладанием точек в поле P_0 и для марта – примерно поровну в приземном и высотном барических полях. Координаты точек показывают, что для каждого прогнозируемого месяца информативные области располагаются в разных районах полушария (рис. 2).

Так, для декабря наиболее информативные точки в поле приземного давления, несмотря на различную заблаговременность их обнаружения, преимущественно группируются над восточными районами Черного, Средиземного морей и Аравийского полуострова ($\tau = 10$ и 7 мес.). Есть точки ($\tau = 10$) в районах расположения Канадского и Азорского ЦДА, в тропической зоне центральной части Тихого океана между центральной Полинезией и Маршалловыми островами ($\tau = 7$). Некоторые единичные точки в поле P_0 разбросаны в широтной полосе от 30 до 70° как Западного, так и Восточного полушарий ($\tau = 7, 9, 12$). Для двух станций о. Сахалин обнаруживаются информативные точки в поле H_{500} с $\tau = 10$ мес. у западного побережья Африки в районе Дакара.

Для января преобладающее количество информативных точек с $\tau = 6$ мес. сосредоточено в поле H_{500} Западного полушария: над севером Канады, северным водоразделом реки Амазонки, над Чукотским морем. С такой же заблаговременностью для некоторых станций выявляются отдельные точки над Атлантикой вблизи европейских и

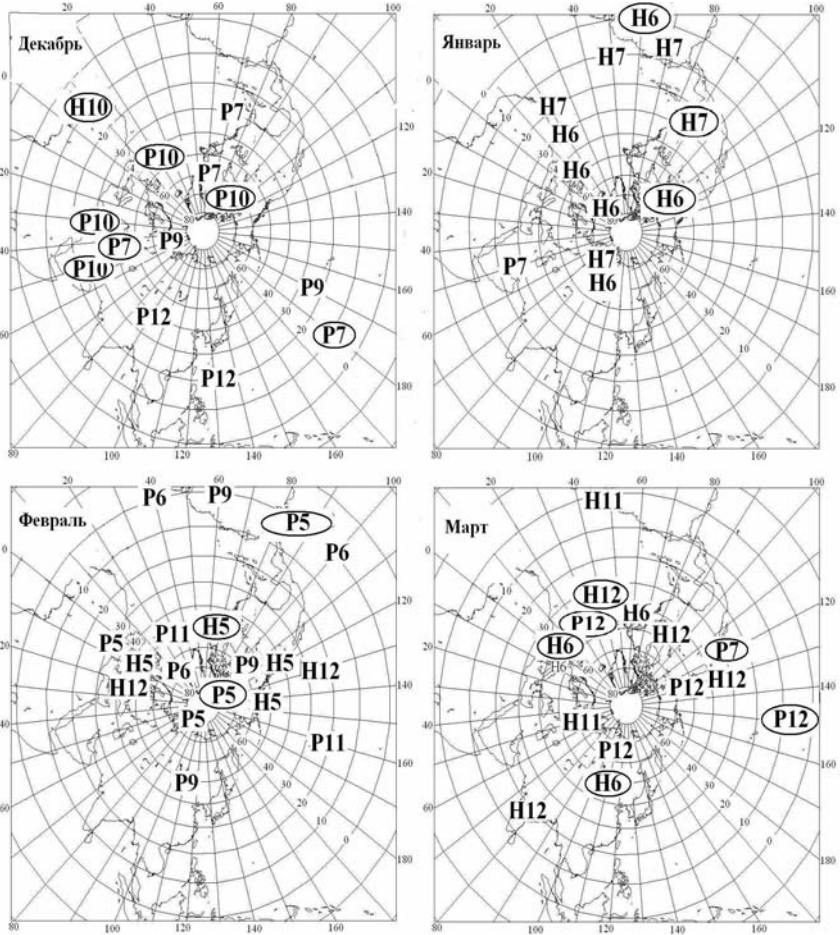


Рис. 2. Схематическое представление информативных точек на Северном полушарии.

Условные обозначения: P10 – точки в поле P_0 с $\tau = 10$ мес.;

H6 – точки в поле H_{500} с $\tau = 6$ мес. и т.п.

Наибольшие скопления точек выделены эллипсом.

африканских берегов. С $\tau = 7$ мес. на уровне средней тропосферы они группируются в основном над Мексиканским заливом.

Для февраля полезная прогностическая информация обнаруживается в основном в поле P_0 Западного полушария ($\tau = 5$ и 6 мес.). Четко выделяется обширная информативная область, протянувшаяся с запада на восток вдоль экватора — от берегов Тихого и Атлантического океанов через северный водораздел реки Амазонки (100° з.д.— 40° з.д.). Информативные точки с $\tau = 5$ мес. также сосредоточены у Северного магнитного полюса (о. Виктория и о. Принца Уэльского) и над северными районами Канады. Есть отдельные точки ($\tau = 11$ мес.) в Северной Атлантике и в Тихом океане в районах расположения климатических ЦДА — Азорского и Гавайского максимумов давления. На уровне средней тропосферы полезная информация для температуры воздуха февраля для незначительного числа станций о. Сахалин выявляется преимущественно с $\tau = 5$ мес. над полуостровом Лабрадор и у западного побережья Канады. Есть по одной точке ($\tau = 12$ мес.) над Тихим океаном на широте Северного тропика восточнее Гавайских островов и над севером Балканского полуострова.

Для марта полезная информация содержится как в приземном, так и высотном барическом поле, в основном с годовой и полугодовой заблаговременностью. Наибольшее количество информативных точек на обоих уровнях тропосферы группируются над Северной Атлантикой в районах преимущественного расположения Азорского ЦДА и полярного атмосферного фронта. Несколько точек в поле P_0 выявляются с годовой заблаговременностью над центральной частью Тихого океана в приэкваториальной полосе ($5-10^\circ$ с.ш., около 150° з.д.), у тихоокеанских берегов Канады и над территорией Азиатского континента на севере Иркутской области. Кроме этого есть несколько информативных точек, разбросанных в поле H_{500} по полушарию, например, над Забайкальем на юге Бурятии и над севером Италии с заблаговременностью полгода, а с годовой заблаговременностью — над севером Индии и северо-востоком США.

В целом анализ предикторов, вошедших в лучшие прогностические схемы, позволяет заключить, что для прогноза ΔT на декабрь по большинству станций о. Сахалин ценная информация содержится в

поле P_0 Северного полушария преимущественно в предшествующем январе; при прогнозе ΔT на январь – в предшествующих полях H_{500} июня и мая; для февраля она находится в основном в поле P_0 и частично H_{500} предшествующего августа, для марта – как в поле H_{500} , так и в поле P_0 февраля с заблаговременностью 12 мес. и предшествующих в июне и июле. Поскольку для разных станций о. Сахалин лучшие предикторы имеют различную заблаговременность, то окончательный прогноз для декабря и января можно составить, соответственно, в мае и в июле, для февраля и марта – в сентябре после получения всей необходимой для прогноза информации о предикторах. В среднем получается, что прогнозы на зимние месяцы можно получить за полгода вперед. По отдельным станциям о. Сахалин прогноз ΔT может быть рассчитан и в более ранние сроки.

Успешность квазиоперативных испытаний

Наряду с испытаниями устойчивости прогностических схем на независимой выборке в ОДПП ДВНИГМИ были проведены также квазиоперативные испытания. В табл. 2 и 3 приводятся оценки успешности этих прогнозов и оперативных статистических консультативных, составляемых и рассылаемых потребителям с 5-месячной заблаговременностью по методу Г.В. Свинухова. Методические прогнозы даны на месяцы зимних сезонов 1998/99–2004/05 гг.

За 7-летний квазиоперативный период оценки прогнозов ΔT , рассчитанные как средние из оценок по станциям (вариант МСТ), оказались в среднем на 16,5 % ниже, чем аналогичные оценки по этим схемам, полученные прежде на 7-летней независимой выборке (сравним данные табл. 1 и табл. 2: соответственно, 78,5 и 62,0 %). Особенно они снизились для декабря и февраля (58,3 и 56,7 % по сравнению с 86,1 и 75,6 % соответственно). В январе и марте, несмотря на снижение показателей, квазиоперативные прогнозы можно признать удовлетворительными: в среднем по территории $\rho > 0$, $Q < 1$, $P = 60,7$ и $72,2$ % соответственно.

Следует отметить, что периоды, как независимой выборки, так и квазиоперативных испытаний, отличались необычайно аномальными зимами в исследуемом регионе. Анализу аномальности температуры

Таблица 2

Показатели успешности (ρ , Q и $P\%$) методического квазиоперативного долгосрочного прогноза ΔT на зимние месяцы по станциям о. Сахалин (варианты оценки: методический по станциям – МСТ и методический по Наставлению – МН) на периоде 1998/99–2004/05 гг.

Станция и варианты оценки	Месяц											
	декабрь			январь			февраль			март		
	ρ	Q	$P\%$	ρ	Q	$P\%$	ρ	Q	$P\%$	ρ	Q	$P\%$
Александровск	-0,4	1,17	39,3	0,43	1,37	53,6	-0,14	1,35	46,4	-0,14	1,4	64,3
Оха	0,7	0,65	67,9	0,43	0,79	71,4	0,14	1,62	35,7	-0,14	0,78	71,4
Тымовское	0,1	0,97	53,6	0,43	0,74	57,1	-0,14	1,14	53,6	0,14	0,78	67,9
Поронайск	0	1,90	42,9	0,43	0,48	82,1	0,14	2,38	46,4	0,43	1,27	67,9
Углегорск	0,14	0,73	71,4	0,71	0,67	67,9	0,43	1,27	78,6	0,14	1,03	78,6
Холмск	-0,14	0,70	75	-1	1,91	28,6	0,43	1,61	57,1	1	0,33	92,9
Корсаков	0,14	0,80	67,9	-0,14	0,71	57,1	0,43	1,34	71,4	-0,14	1,41	57,1
Погиби	0,14	1,34	46,4	0,43	0,82	60,7	0,14	1,31	46,4	-0,14	0,55	71,4
Южно-Сахалинск	0,14	0,88	60,7	0,14	0,6	67,9	-0,43	1,05	75	-0,14	0,7	78,6
МСТ – средние по станциям	0,11	1,05	58,3	0,2	0,9	60,7	0,13	1,45	56,7	0,11	0,92	72,2
МСТ за декабрь – март: $\rho = 0,14$, $Q = 1,08$, $P = 62\%$												
МН – по Наставлению	0,11	1,05	60,7	0,2	0,9	71,4	0,13	1,45	64,3	0,11	0,92	71,4

воздуха зимних месяцев на станциях о. Сахалин на независимой выборке уделено достаточно внимания в работе [1].

Здесь рассмотрим кратко особенности зимних месяцев квазиоперативного периода. Если в качестве единицы принять фактическую аномалию на станции за месяц, то за 4 месяца имеем 36 единиц (4 мес. \times 9 станций). Тогда число случаев со значительными ($0,675\sigma$) аномалиями температуры можно представить на рис. 3 в процентах к общему числу рассмотренных аномалий.

Таблица 3

Успешность (Р %) квазиоперативных методических (МСТ и МН) и оперативных консультативных (КС) прогнозов на зимние месяцы для о. Сахалин по годам с 1998/99 по 2004/05 г.

Метод прогноза	Годы	Месяц				Декабрь – март
		декабрь	январь	февраль	март	
МСТ	1998/99	75,0	75,0	41,7	16,7	52,1
МН		75	75	25	0	43,8
КС		25	0	25	75	31,3
Разность МН–КС		50	75	0	–75	12,5
МСТ	1999/00	47,2	33,3	80,6	38,9	50
МН		25	25	100	25	43,8
КС		25	0	75	100	50,0
Разность МН–КС		0	25	25	–75	–6,2
МСТ	2000/01	19,4	86,1	0,0	86,1	47,9
МН		25	100	0	100	56,3
КС		25	75	0	100	50,0
Разность МН–КС		0	25	0	0	6,3
МСТ	2001/02	55,6	11,1	47,2	88,9	50,7
МН		100	0	75	100	68,8
КС		75	0	0	100	43,8
Разность МН–КС		25	0	75	0	25,0
МСТ	2002/03	13,9	88,9	75,0	97,2	68,8
МН		0	100	75	100	68,8
КС		75	25	0	75	43,8
Разность МН–КС		–75	75	75	25	25,0
МСТ	2003/04	97,2	75,0	75,0	91,7	84,7
МН		100	100	100	100	100,0
КС		100	75	100	25	75,0
Разность МН–КС		0	25	0	75	25,0
МСТ	2004/05	94,4	55,6	77,8	86,1	78,5
МН		100	100	75	75	87,5
КС		100	100	100	25	81,3
Разность МН–КС		0	0	–25	50	6,2
МСТ	Средние Р % за 1998/99– 2004/05 гг.	57,5	60,7	56,8	72,2	61,8
МН		60,7	71,4	64,3	71,4	67,0
КС		60,7	39,3	42,9	71,4	53,6
Разность МН–КС		0,0	32,1	21,4	0,0	13,4

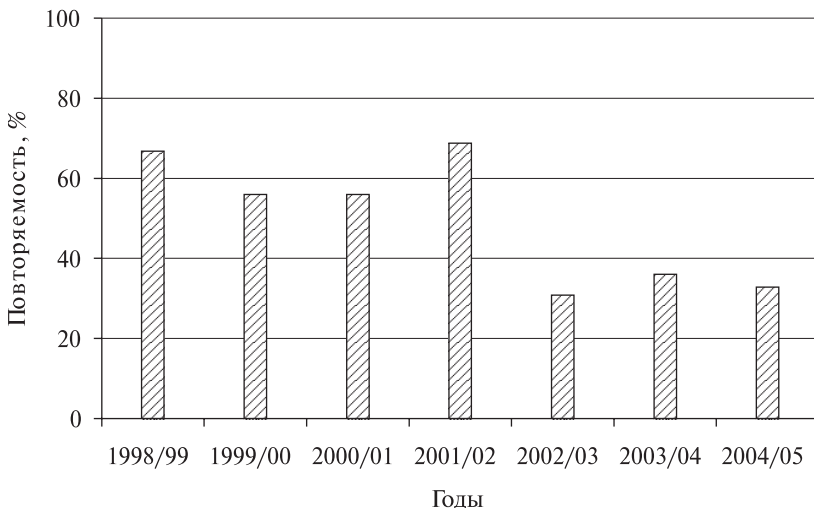


Рис. 3. Распределение числа случаев (%) со значительными ΔT в сезоны зимы на станциях о. Сахалин на периоде квазиоперативной выборки

Как видно из рис. 3, практически все рассмотренные зимы по температуре воздуха на станциях о. Сахалин можно назвать аномальными, особенно первые четыре сезона. Рассматриваемый период испытаний был аномально теплым преимущественно во все месяцы зимы, за исключением декабря, который теплым был только в 1999 г. Особенно выделяется зимний сезон 2001/02 гг., когда значительные аномалии охватили 69 % территории о. Сахалин. Причем декабрь был холодным, а в остальные 3 месяца сезона на большинстве станций значения положительных аномалий превысили 3°C . Можно выделить и зимний сезон 1998/99 г. В нем теплым был только январь, другие зимние месяцы были аномально холодными, особенно март. Остальные зимы на большей части или на трети территории также были аномально теплыми (с января по март) или холодными (в феврале и марте). Добавим, что за весь квазиоперативный период только в декабре 2003 г. и 2004 г., а также в марте 2001 г. ни на одной станции температура воздуха не превысила значимый порог аномальности $|0,675\sigma|$.

Больше всего значительных аномалий (положительных и отрицательных) было в январе (66 %) от числа случаев за 7 лет на 9 станциях (56 случаев), меньше всего – в марте (45 %). В декабре и феврале их число примерно одинаково (55 и 57 % соответственно), однако в этих месяцах аномалии были самые большие по величине. Так, в феврале очень крупные аномалии, превышающие 3°С по абсолютной величине, составили 59 % от общего числа аномалий за этот месяц, в декабре – 48 %. В январе таких аномалий было 35 %, в марте – 28 %.

Невысокие оценки квазиоперативных прогнозов в декабре и феврале ($P = 58\%$ и $P = 57\%$ соответственно) свидетельствуют о том, что с помощью предложенного метода не удастся хорошо прогнозировать крупные аномалии ($\Delta T > |3^\circ|$), которых больше всего оказалось именно в эти месяцы. Тем не менее в каждом месяце на отдельных станциях есть случаи прогнозов крупных аномалий с оценкой P , равной 100 и 75 %.

Учитывая вышесказанное, неудивительно, что при переходе на независимую необычно аномальную выборку успешность предлагаемых прогностических схем заметно снизилась.

Представляет интерес сравнение успешности предлагаемой методики с оперативным консультативным методом Г.В. Свиныхова. Для корректного сравнения произведена оценка квазиоперативных методических прогнозов по варианту оценки МН, применяемому в оперативно-прогностических подразделениях Росгидромета. В табл. 3 для каждого зимнего месяца, начиная с декабря 1998 г. по март 2005 г., даны два варианта оценок методического прогноза (МСТ и МН) и оценки прогнозов на основе консультационного метода Г.В. Свиныхова (КС) по показателю $P\%$. Здесь же представлена разница между МН и КС. По данным табл. 3 можно понять, в какой период времени сравниваемые методы оказались лучше или хуже. По средним оценкам за период 1998/99–2004/05 гг. успешность методических прогнозов по параметру P оказалась лучше успешности консультативных прогнозов на 13,4 %. При этом превышение оценок имело место практически во все зимние периоды (6,2 % ч 25,0 %), за исключением одной зимы 1999/2000 г., когда успешность и консультативных (50 %), и методических (43,8 %) прогнозов в среднем за период с декабря по март была неудовлетворительной (–6,2 %).

Процедура составления оперативного прогноза

Для оперативного прогноза ΔT на зимние месяцы по станциям о. Сахалин предлагается автоматизированная модель прогноза, адаптированная к оперативным условиям приема информации. Технологическая линия прогностического программного комплекса (рабочего места прогнозиста-долгосрочника) включает в себя блоки пополнения, осреднения срочной информации, записи в месячный архив и расчета прогноза аномалии температуры воздуха.

Оперативное пополнение данных осуществляется на основе программного блока, разработанного ранее в научном коллективе ОДПП ДВНИГМИ и адаптированного в дальнейшем при создании автоматизированного метода прогноза ΔT на весенние месяцы для тех же станций о. Сахалин, которые использованы и в данной задаче (подробно описаны в работах [7, 11]).

На пополнение данных требуется время в пределах минуты, на осреднение – несколько секунд. Ввод даты прогноза и расчет прогностических значений ΔT занимает не более минуты. Результаты расчетов можно просмотреть на экране монитора, выдать на печать. Они записываются в специальный файл, что позволит в дальнейшем рассчитать оценки успешности прогнозов.

Результаты испытаний статистического метода прогнозов ΔT на станциях о. Сахалин

В зону обслуживания прогнозами погоды на месяц Приморского УГМС, помимо Приморского края, входят также п-ов Камчатка и о. Сахалин. Поэтому оперативные испытания автоматизированного статистического метода прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха (ΔT) на зимние месяцы (с декабря по март) по станциям о. Сахалин с заблаговременностью (τ) от 5 до 12 мес. проводились параллельно в Приморском и Сахалинском УГМС. В соответствии с планами испытаний и внедрений новых и усовершенствованных методов (технологий) гидрометеорологических и гелиогеофизических методов прогнозов Росгидромета испытания метода проходили с мая 2005 г. по май 2007 г.

За указанный период было составлено всего 72 прогноза: по два прогноза на декабрь, январь, февраль и март для 9 станций. В табл. 4

приведены прогностические и фактические значения аномалии температуры воздуха для станций о. Сахалин по месяцам испытываемого периода, а также показатели успешности прогнозов (Δ – систематическая ошибка и Pст – оправдываемость, %) за отдельные месяцы и в целом за период испытаний.

Таблица 4

Прогностические и фактические значения аномалии температуры воздуха для зимних месяцев по станциям о. Сахалин и показатели успешности методических прогнозов за отдельные месяцы и в целом за период оперативных испытаний

Станции	τ , мес.	Норма	Годы и месяцы зимнего периода					
			2005/06			2006/07		
			анТпр	анТф	Δ /Pст	анТпр	анТф	Δ /Pст
Декабрь (минимальная заблаговременность $\tau = 7$)								
Александровск	0	-12,7	0,6	0,7	-0,1/100	0,3	-0,4	0,7/100
Оха	7	-14,8	1,1	5,4	-4,3/75	0,4	-3,1	3,5/0
Тымовское	12	-18,9	-0,4	5,6	-6,0/0	-0,5	-1,6	1,1/75
Поронайск	10	-12,8	-0,3	0,8	-1,1/75	0,6	0,4	0,2/100
Углегорск	10	-8,9	0,4	1,5	-1,1/75	0,9	-0,9	1,8/75
Холмск	10	-5,7	0,3	0,5	-0,2/100	0,2	0,0	0,2/100
Корсаков	9	-6,4	-0,6	0,4	-0,1/100	-0,1	-0,5	0,4/100
Погиби	7	-16,0	0,4	4,3	-3,9/0	-0,4	-2,1	1,7/75
Южно-Сахалинск	10	-8,7	0,2	1,1	-0,9/100	0,5	-1,2	1,7/75
Средние за декабрь			0,2	2,3	-2,1/69	0,2	-1,0	1,3/78
Январь (минимальная заблаговременность $\tau = 6$)								
Александровск	7	-17,9	-0,1	0,5	-0,6/100	0,1	3,0	-2,9/25
Оха	6	-19,5	-0,6	2,3	-2,9/25	0,9	-0,1	1,0/100
Тымовское	7	-23,6	-1,4	2,3	-3,7/0	0,3	1,5	-1,2/75
Поронайск	7	-16,6	0,0	1,6	-1,6/75	1,1	2,2	-1,1/75
Углегорск	6	-12,9	0,7	0,3	0,4/100	1,3	2,7	-1,4/75
Холмск	6	-9,6	-0,1	0,9	-1,0/100	0,6	3,0	-2,4/25
Корсаков	6	-10,9	-0,4	1,2	-1,6/75	0,1	2,1	-2,0/75
Погиби	6	-20,0	-0,1	0,3	-0,4/100	0,9	0,5	0,4/100
Южно-Сахалинск	6	-13,5	0,5	1,2	-0,7/100	1,2	0,7	0,5/100
Средние за январь			-0,2	1,2	-1,3/75,0	0,7	1,7	-1,0/72

Окончание табл. 4

Станции	τ, мес.	Норма	Годы и месяцы зимнего периода					
			2005/06			2006/07		
			анТпр	анТф	Δ/Рст	анТпр	анТф	Δ/Рст
Февраль (минимальная заблаговременность τ = 5)								
Александровск	5	-15,7	0,5	-3,9	4,4/0	-0,4	1,5	-1,8/75
Оха	6	-17,6	0,4	-1,3	1,7/75	0,0	-1,9	1,9/75
Тымовское	5	-19,7	1,0	-0,6	1,6/75	0,2	1,2	-1,0/100
Поронайск	11	-14,0	0,6	4,9	-4,3/0	0,4	0,4	0,0/100
Углегорск	5	-11,5	-0,2	-1,3	1,1/75	-1,3	1,8	-3,1/0
Холмск	12	-9,0	0,2	1,3	-1,1/75	0,7	2,5	-1,8/75
Корсаков	5	-10,4	0,6	1,4	-0,8/100	0,0	2,4	-2,4/25
Погиби	9	-18,6	-0,4	-0,5	0,1/100	-0,6	-0,5	-0,1/100
Южно-Сахалинск	5	-12,7	0,2	1,5	-1,3/75	-0,7	2,0	-2,7/25
Средние за февраль			0,3	0,2	0,2/64	-0,2	1,0	-1,2/64
Март (минимальная заблаговременность τ = 6)								
Александровск	6	-8,3	0,5	0,1	0,4/100	-0,3	1,3	-1,6/75
Оха	12	-12,0	0,1	0,0	0,1/100	0,1	2,5	-2,4/25
Тымовское	6	-11,2	-0,2	0,4	-0,6/100	-1,1	3,1	-4,2/0
Поронайск	6	-7,3	-0,3	0,4	-0,7/100	0,1	1,1	-1,0/100
Углегорск	12	-5,7	0,2	0,4	-0,2/100	0,6	1,6	-1,0/100
Холмск	12	-4,2	-0,2	1,2	-1,4/75	1,4	1,6	-0,2/100
Корсаков	12	-5,1	-0,5	1,4	-1,9/75	0,1	1,4	-1,3/75
Погиби	11	-12,2	-1,7	-0,4	-1,3/75	-0,7	1,1	-1,8/75
Южно-Сахалинск	7	-6,3	-0,4	0,8	-1,2/75	0,5	2,0	-1,5/75
Средние за март			-0,3	0,5	-0,8/89	0,1	1,7	-1,7/69
Средние за зиму			Рст = 74,3					Рст = 70,8

Примечание. Условные обозначения: анТпр и анТф – соответственно прогностическая и фактическая аномалия температуры воздуха за месяц, Δ – разность между анТпр и анТф, τ – заблаговременность прогноза.

Для каждой из станций прогнозы ΔТ оправдались (Рст ≥ 75 %) хотя бы в один из двух лет оперативных испытаний (табл. 4). Средняя за два года оценка Рст не менее 75 % наблюдалась на 6 станциях в декабре, на 5 – в январе, на 4 – в феврале и на 7 – в марте. Самые неудачные

прогнозы составлены для станции Тымовское: $P_{ст} = 37,5\%$ – для декабря и января и $P_{ст} = 50\%$ – для марта. Однако в феврале по этой станции прогнозы оказались успешными (87,5%). Из общего числа прогнозов за весь период испытаний не оправдалось ($P_{ст} = 0\%$ и 25%) 13 прогнозов, причем в восьми из них не предсказаны большие аномалии температуры воздуха (фактические аномалии по абсолютной величине составили 3°C и более). В феврале неудачных прогнозов ΔT оказалось пять случаев за два года. В январе их было четыре, в декабре – три, а в марте – два. В среднем за два года методические прогнозы занижали температуру воздуха во все месяцы. Лишь в декабре 2006 г. прогностические значения ΔT оказались выше фактических на всех станциях региона.

Средние по региону величины, полученные из оценок оправдаваемости по станциям, оказались минимальными (64%) в феврале. Наиболее удачно предсказаны аномалии температуры воздуха на март 2006 г. ($P_{ст} = 89\%$) по всем станциям. Средняя за все месяцы зимы оценка $P_{ст}$ по каждому из двух зимних периодов не опустилась ниже 70%, а средняя за два года оценка составила 73%.

Сравнение с другими методами

В процессе оперативных испытаний было выполнено сравнение проверяемых методических прогнозов ΔT с внедренными ранее в качестве консультативных прогнозами аномалии температуры воздуха с 5-месячной заблаговременностью на основе физико-статистического метода (автор – Г.В. Свинухов) и с официальными синоптическими прогнозами Гидрометцентра России, уточненными с нулевой заблаговременностью. Все прогнозы были составлены на аналогичные зимние месяцы с декабря по март по рассматриваемой территории о. Сахалин (табл. 5).

Средние по территории аномалии температуры воздуха на декабрь 2005 г., когда наблюдались положительные аномалии температуры воздуха (наиболее крупные на станциях Оха – $5,4^{\circ}\text{C}$, Тымовское – $5,6^{\circ}\text{C}$, Погиби – $4,3^{\circ}\text{C}$), ни по одной из методик предсказать не удалось. Прогнозы ΔT на февраль и март 2006 г. по всем рассматриваемым методам оказались успешными ($P_{н} = 100\%$). В среднем за два года оценки официальных и методических прогнозов по параметру $P_{н}\%$ в январе, феврале и марте не понижались ниже 75%, но официальные на 12,5%

Таблица 5

Оценки успешности ρ , Q и P_n методического, консультативного и официального прогноза на зимние месяцы по о. Сахалин за период оперативных испытаний 2005/06–2006/07 гг.

Месяц прогноза	Год	Метод и заблаговременность прогноза						
		проверяемый, $\tau \geq 5$			Консультативный (автор – Г.В. Свинухов), $\tau = 5$ мес.			официальный синоптический, $\tau = 0$ мес.
		ρ	Q	P_n	ρ	Q	P_n	P_n
Декабрь	2005	0,3	0,91	25	–0,43	2,70	0	0
	2006	0,1	0,38	75	–0,43	0,68	75	75
	За 2 года	0,2	0,65	50	–0,4	1,69	37,5	37,5
Январь	2006	–0,3	0,36	75	–0,5	0,80	25	100
	2007	0,8	0,46	75	0,25	0,67	75	75
	За 2 года	0,25	0,41	75	–0,13	0,74	50	87,5
Февраль	2006	0,3	0,99	100	–0,14	1,10	100	100
	2007	0,3	0,82	75	0,0	0,63	100	100
	За 2 года	0,3	0,91	87,5	–0,07	0,87	100	100
Март	2006	–0,1	0,37	100	1,00	0,7	100	100
	2007	0,3	0,82	75	–0,5	3,52	0	100
	За 2 года	0,1	0,59	87,5	0,25	2,11	50	100
Декабрь– март	2005/06	0,05	0,66	75	–0,02	1,33	56,3	75
	2006/07	0,38	0,62	75	–0,17	1,38	62,5	87,5
	За 2 года	0,22	0,64	75	–0,09	1,35	59,4	81,3

превышали методические. Лишь в декабре P_n методического прогноза составила 50 %, а официального – 37,5 %.

Наиболее полно было проведено сравнение методических и консультативных прогнозов аномалии температуры, поскольку они сопоставимы по заблаговременности. К анализу также привлечены наиболее часто употребляемые критерии ρ и Q . Средние за весь период испытаний оценки показывают существенное преимущество методических прогнозов над консультативными прогнозами. Методическими прогнозами лучше предсказан знак аномалии температуры воздуха: у них средние за период испытаний величины ρ оказались положительными во все месяцы, а у консультативных – положительная величина

р только в марте. Параметр Q для методических прогнозов не превосходил 1, а для консультативных часто превышал 1. Например, в марте 2007 г. параметр Q был 3,52. Значения P_n % консультативных прогнозов только в феврале 2007 г. оказались выше (100 против 75 %). Средняя за два года и за все месяцы оценка P_n методических прогнозов на 15,6 % превышает аналогичную оценку консультативных прогнозов.

Решением ЦМКП от 2 октября 2007 г. Сахалинскому и Приморскому УГМС рекомендовано внедрить в оперативную практику новый статистический метод автоматизированного прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха на зимний период по станциям о. Сахалин в качестве основного метода с заблаговременностью более 5 месяцев.

Список литературы

1. Анжина Г.И. Оценка прогностических возможностей аналого-статистического подхода к прогнозу аномалии средней месячной температуры воздуха на станциях о. Сахалин // Труды ДВНИГМИ. – 2007. – Вып. 151 (в печати).

2. Жежко Р.Я., Толмачева М.А. О способе выявления информативных предикторов // Труды ДВНИГМИ. – 1990. – Вып. 136. – С. 110–118.

3. Журавлева Т.М. О возможности использования информативных районов в средней тропосфере Северного полушария для фонового прогноза температуры воздуха на весну в Приморском крае // Труды ДВНИГМИ. – 1997. – Вып. 147. – С. 157–172.

4. Журавлева Т.М., Лось В.В. Результаты оперативного обслуживания долгосрочными прогнозами средних месячных аномалий температуры воздуха и осадков по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока // Юбилейный выпуск «ДВНИГМИ – 50 лет». – Владивосток: Дальнаука. – 2000. – С. 113–120.

5. Журавлева Т.М., Анжина Г.И. Долгосрочный прогноз аномалии температуры воздуха на весну по о. Сахалин с помощью статистической модели // Труды ДВНИГМИ. – 2002. – Вып. 150. – С. 59–74.

6. Журавлева Т.М., Анжина Г.И., Султанова С.Н. Статистический метод и автоматизированная технология прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха на зимние и весенние месяцы по станциям о. Сахалин с заблаговременностью более 5 месяцев // Тезисы доклада научно-практ. конф. «Гидрометеорология Дальнего Востока и окраинных морей Тихого океана», посвященной 55-летию ДВНИГМИ. Владивосток, 2005. – С. 26–28.

7. Журавлева Т.М., Анжина Г.И., Султанова С.Н. Статистическая модель долгосрочного прогноза аномалии температуры воздуха у земли на весенние

месяцы по станциям о. Сахалин и автоматизированная технология ее реализации // Труды ДВНИГМИ. – 2007. – Вып. 151 (в печати).

8. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 150 с.

9. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Служба метеорологических прогнозов. Ч. 6. – М.: Гидрометеоздат, 1986. – 28 с.

10. Отчет о НИР «Модернизировать и развить автоматизированные методы долгосрочного прогноза погоды для комплекса “Аралия”» / ДВНИГМИ. – Владивосток, 2000. – 179 с. – УДК 551.509.33: 681.3.06; № ГР 01990006798; Инв. № 02200200815.

11. Отчет о НИР «Испытать и внедрить автоматизированный метод долгосрочного прогноза аномалии температуры воздуха на весенний период по о. Сахалин» / ДВНИГМИ. – Владивосток, 2001. – 39 с. – УДК 551.509.33:551.509.323 (571.642); № ГР 01200108060; Инв. № 02200200748.

12. Отчет о НИР «Разработать и усовершенствовать методы среднесрочного и долгосрочного прогноза основных метеорологических элементов для Дальневосточного региона» / ДВНИГМИ. – Владивосток, 2004. – 63 с. – УДК 681.3.06: 551.509.33(571.6); № ГР 01200208953.

13. Пагава С.Т. и др. Основы синоптического метода сезонных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеоздат. 1966. – 362 с.

14. Рафаилова Х.Х., Михеев Н.П., Журавлева Т.М. Температурный режим естественных синоптических сезонов зимы в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Труды Гидрометцентра СССР. – 1982. – Вып. 227. – С. 91–99.

15. Рафаилова Х.Х., Михеев Н.П., Журавлева Т.М. Циркуляция атмосферы и распределение средней сезонной температуры в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в сезонах холодного полугодия // Труды Гидрометцентра СССР. – 1983. – Вып. 250. – С. 15–29.

16. Сборник научных программ на ФОРТРАНе: пер. с англ. – М.: Статистика. 1974. – 315 с.

17. Sokolov O.V., Mezentseva L.I. Climatic trends in general atmospheric circulation in the second half of the 20th century // PACIFIC Oceanography. – 2004. – Vol. 2, N 1–2. – С. 67–73.