

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО
МЕТОДА ПРОГНОЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ИНТЕНСИВНОСТИ
ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА С ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ ДО 72 Ч
(ДВНИГМИ, автор – **В.П. Тунеголовец**)**

Комплексный метод прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов (ТЦ) в северо-западной части Тихого океана с заблаговременностью до 72 ч разработан в ДВНИГМИ (автор – **В.П. Тунеголовец**) и предназначен для выпуска прогностической продукции с дискретностью 12 ч.

Схема единого прогноза тропических циклонов основана на использовании аналоговой модели ДВНИГМИ и проведении расчетов прогноза на основе прогнозируемых параметров ТЦ (тайфунов), получаемых через Мировую сеть Интернет из ряда региональных метеорологических центров: RSMC (Regional Specialized Meteorological Center Tokyo Typhoon Center), JTWC (U.S. Naval Pacific Meteorology and Oceanography Center/Joint Typhoon Warning Center, Pearl Harbor, Hawaii), BAVJ (Китайская метеорологическая администрация), VNNH (Hong Kong Observatory) и RKSL (Корейская метеорологическая организация).

Единый прогноз параметров тропического циклона представляет собой средневзвешенное значение из шести прогнозов:

$$A_{\text{ЕДИННЫЙ}} = (P_{1a} \cdot K_{1a} \cdot A_{\text{RSMC}} + P_{2a} \cdot K_{2a} \cdot A_{\text{JTWC}} + P_{3a} \cdot K_{3a} \cdot A_{\text{BAVJ}} + P_{4a} \cdot K_{4a} \cdot A_{\text{ДВНИГМИ}} + P_{5a} \cdot K_{5a} \cdot A_{\text{VNNH}} + P_{6a} \cdot K_{6a} \cdot A_{\text{RKSL}}) / (P_{1a} \cdot K_{1a} + P_{2a} \cdot K_{2a} + P_{3a} \cdot K_{3a} + P_{4a} \cdot K_{4a} + P_{5a} \cdot K_{5a} + P_{6a} \cdot K_{6a}),$$

где $A_{\text{ЕДИННЫЙ}}$ – прогнозируемый параметр тропического циклона: широта, долгота, минимальное давление, максимальный ветер, радиус зоны ветров 30 узлов и более, радиус зоны ветров 50 узлов и более;

$A_{\text{ДВНИГМИ}}, A_{\text{RSMC}}, A_{\text{JTWC}}, A_{\text{BAVJ}}, A_{\text{VNNH}}, A_{\text{RKSL}}$ – прогнозируемый параметр тайфуна от ДВНИГМИ, RSMC и других региональных метеорологических центров;

$K_{1a}, K_{2a}, \dots, K_{6a}$ – весовой коэффициент прогнозируемого параметра тайфуна;

$P_{1a}, P_{2a}, \dots, P_{6a}$ – коэффициент наличия прогнозируемого параметра тайфуна: $P=1$ при наличии прогноза параметра и $P=0$ при отсутствии прогноза параметра тайфуна.

Весовые коэффициенты определяются как отношение минимальной ошибки к средней ошибке прогноза от соответствующего центра: RSMC, JTWC, VNNH, BAVJ, RKSL и ДВНИГМИ. Определение весовых коэффициентов проведено по принципу оценки ошибки прогнозов для синхронной выборки дат прогнозов для участков траектории при нахождении тропического циклона отдельно к югу и к северу от 25 градусов северной широты [1, 2].

Оперативные испытания комплексного метода прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана проводились в отделе метеорологических прогнозов погоды Гидрометцентра Приморского УГМС в 2009 году, а расчет характеристик успешности прогнозов осуществлялся в ОМГЦ ДВНИГМИ по разработанным ЭВМ-программам (автор – В.П. Тунеголовец).

Всего за период испытаний в северо-западной части Тихого океана сформировалось 22 тропических циклона, что ниже нормы почти на 13 %. 11 тропических циклонов при этом вышли в умеренные широты, однако выход на территорию Приморского края отсутствовал, а на акваторию Японского моря вышел лишь циклон 0911. Тропический циклон 0908 развивался с 2 по 14 августа 2009 г., максимальной стадии развития достиг 7 августа. При этом давление в его центре составило 945 гПа, скорость ветра достигала 41 м/с. На акватории Японского моря циклон находился уже в стадии внетропического циклона с давлением в центре больше 998 гПа.

В соответствии с [3], для определения качества прогноза перемещения ТЦ вычислялись показатели, характеризующие ошибки прогноза положения центра ТЦ, скорости и направления перемещения ТЦ.

Показатели успешности для ошибок положения центра ТЦ:

– абсолютные ошибки прогноза положения центра ТЦ Δr (расстояние между фактическим и прогностическим положениями центров в срок прогноза с точностью до 10 км): средняя и экстремальные (min, max);

– повторяемость Δr , %, рассчитывается по градациям ≤ 200 , 201–400, 401–600, >600 км;

– относительная ошибка ε прогноза положения ТЦ.

Показатели успешности для ошибок скорости перемещения ТЦ:

– абсолютная ошибка прогноза скорости перемещения ТЦ ΔS (вычисляется с точностью до 10 км): средняя и экстремальные (min, max);

– повторяемость ΔS , %, рассчитывается по градациям 0–250, 251–450, и >450 км/сут;

– средняя арифметическая (систематическая) ошибка скорости перемещения ТЦ $\Delta S_{\text{арифм.}}$;

– характеристика завышения или занижения прогностической скорости ТЦ по сравнению с фактической η_s .

Показатели успешности для ошибок направления перемещения ТЦ:

– ошибка прогноза направления перемещения $\Delta\varphi$, определяемая значением угла между фактической и прогностической траекториями ТЦ с точностью до 1° (в пределах от 0 до 180° вправо или влево): средняя и экстремальные (min, max);

– повторяемость $\Delta\varphi$, %, рассчитывается по градациям <20 , $21-35$, $>35^\circ$. При этом отдельно рассматриваются случаи отклонения прогностической траектории от фактической вправо и влево.

Из всех перечисленных показателей успешности прогнозов перемещения ТЦ основными принято считать ошибки в прогнозе положения ТЦ (Δr).

Допустимые ошибки прогнозов перемещения тропических циклонов для заблаговременностей 24, 48 и 72 ч представлены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые ошибки прогнозов перемещения тропических циклонов

	Δr , км	ΔS , км/сут	$\Delta\varphi^\circ$
Заблаговременность 24 ч			
Хороший	<200 км	<250	<20
Удовлетворительный	201–400	251–450	21–35
Неудовлетворительный	>400	>450	>35
Заблаговременность 48 ч			
Хороший	<350 км	<350	<30
Удовлетворительный	351–550	351–450	31–40
Неудовлетворительный	>550	>450	>40
Заблаговременность 72 ч			
Хороший	<500 км	<450	<30
Удовлетворительный	501–700	451–650	31–45
Неудовлетворительный	> 700	>650	>45

Для установления надежности методов прогноза эволюции ТЦ необходимо использовать статистические показатели успешности, предназначенные для оценки качества прогнозов интенсивности ТЦ: давления в центре ТЦ и максимального ветра.

Показатели успешности прогноза изменения давления в центре ТЦ:

– оценка прогноза знака изменения давления в центре ТЦ ρ_p . Значения $\rho_p \geq 0,5$ свидетельствуют об удовлетворительном, а $\rho_p \geq 0,7$ – о хорошем качестве прогноза знака изменения давления в ТЦ;

- абсолютная ошибка прогноза давления в ТЦ δ_p (с точностью до 0,1): средняя и экстремальные (min, max);
- относительная ошибка прогноза давления ε_p (с точностью до 0,01): средняя и экстремальные (min, max). Чем меньше ε_p , тем лучше качество прогноза;
- средняя фактическая изменчивость давления δ_ϕ в центре ТЦ, гПа;
- средняя арифметическая (систематическая) ошибка σ_p прогноза давления в центре ТЦ (с точностью до 0,1). Положительное (отрицательное) значение (σ_p) свидетельствует о систематическом завышении (занижении) давления в центре ТЦ.

Согласно рекомендаций [3], оценка оправдываемости прогноза максимального ветра в циклонах производится с использованием тех же характеристик, что и оценка оправдываемости прогноза давления в центре ТЦ. При этом в формулы вместо показателей давления подставляются показатели ветра. Дополнительно представлены сведения об оправдываемости прогноза максимального ветра P_V в соответствии с Наставлением [4].

Прогноз максимального ветра в тропическом циклоне оценивается на 100 %, когда фактическая скорость ветра отличается от крайних пределов прогностической скорости не более, чем на 20 %. Если отличие составляет более 20 %, оценка оправдываемости прогноза равна 0 %.

Когда скорость ветра в прогнозе предусматривалась менее, чем установлено по критерию ОЯ, а фактически она достигла градаций ОЯ, то допуск 20 %, указанный выше, не должен использоваться, оценка этого прогноза ветра равна 0 %.

Когда скорость ветра в прогнозе давалась в градации неблагоприятного явления для отрасли экономики (например 12–17 м/с – НЯ), то при оценке используется допуск 20 % только для максимального значения скорости (17 м/с).

Оценка оправдываемости прогнозов зон ветров с интенсивностью более 30 узлов (15 м/с) и более 50 узлов (25 м/с) в [3] не приводится, так как аналогов разработанным в настоящей работе прогнозам ранее в отечественной практике не существовало.

Согласно [3], испытание новых методов прогноза перемещения и эволюции ТЦ производится в сравнении с другими расчетными методами аналогичного прогноза, а также в сравнении с инерционными прогнозами. В основу инерционного прогноза берется гипотеза, согласно которой суммарный эффект всех сил, направляющих ТЦ в течение некоторого прошедшего периода, продолжает действовать в течение такого же будущего периода. В силу указанного предположения инерционный прогноз представляет собой

линейную экстраполяцию движения ТЦ на последующий период времени. В зависимости от вида интерполяции различают инерционные прогнозы первого и второго порядка.

Инерционному прогнозу первого порядка присущи однородные (постоянные) скорость и направление перемещения ТЦ в течение прошедшего и будущего периодов. Инерционный прогноз второго порядка учитывает изменение (увеличение и уменьшение) скорости, а также изменение направление движения ТЦ в течение прошедшего периода и, соответственно этому, в будущем периоде.

Результаты оперативных испытаний прогнозов перемещения и эволюции тропических циклонов инерционным и комплексным методом в западной части Тихого океана за 2009 год при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и к северу от 25 градусов с. ш. для заблаговременности 24 ч представлены в табл. 2–6.

Анализ результатов, представленных в табл. 2 показал, что при любой заблаговременности прогнозов метод дает хороший результат. Средняя ошибка прогнозов положения центров тропических циклонов при заблаговременности прогнозов до 24 ч не превышает 111 км при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с.ш. и 168 км при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с.ш. При заблаговременности 48 ч – 196 и 246 км соответственно и при заблаговременности 72 ч – 300 и 433 км. Следует отметить, что при заблаговременности прогнозов до 48 ч в большинстве случаев ошибка прогноза положения не превышает 200 км (от 99 % при заблаговременности 12 ч до 59 % при заблаговременности 48 ч при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с.ш, а при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с.ш. – от 92 % при заблаговременности 12 ч до 52 % при заблаговременности 48 ч). При большей заблаговременности возрастает число случаев, когда эта ошибка превышает 200 км и в среднем разница между прогностическим и фактическим положением тропических циклонов находится в интервале 201–400 км. Максимальное значение ошибки (1802 км) приходится на прогнозы с заблаговременностью до 60 ч при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и 3884 км для заблаговременности 72 ч при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.

Анализ ошибок прогнозов скорости перемещения ТЦ (табл. 3) указывает на хорошее качество таких прогнозов. Так, при любой заблаговременности прогнозов в подавляющем большинстве случаев (96–99 % при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и 86–93 % при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.) ошибка прогноза скорости перемещения тропических циклонов не

превышает 250 км/сут. Средняя абсолютная ошибка прогноза уменьшается с увеличением заблаговременности, наибольшая при заблаговременности 12 ч (102 км/сут при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и 137 км/сут при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с.ш.), что не превышает критерия и свидетельствует о хорошем качестве прогнозов. Значения средней арифметической ошибки скорости перемещения тропических циклонов колеблются от –45 до –25 км/сут при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и от –64 до 21 км/сут при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с.ш. Знак ошибки свидетельствует о систематическом занижении в большинстве случаев рассчитанной скорости.

Погрешность определения направления смещения тропических циклонов (табл. 4) при любой заблаговременности прогнозов до 72 ч включительно в большинстве случаев (от 73 до 85 % при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и от 81 до 94 % при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.) не превышает 25°. При этом в большинстве случаев повторяемость $\Delta\varphi \leq 25^\circ$ уменьшается с увеличением заблаговременности прогноза. Средний показатель угла отклонения прогностической траектории от фактической при любой заблаговременности прогнозов равен 8–30°. Чаще всего (от 50 до 65 % случаев) прогностические траектории отклоняются от фактических вправо при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. и влево (от 42 до 59 %) при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.

Итак, качество прогнозов положения тропических циклонов предложенным методом можно интерпретировать как хорошее при заблаговременности прогнозов до 72 ч включительно. При этом показатели успешности несколько лучше для прогнозов тропических циклонов комплексным методом при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. Следует отметить, что все показатели надежности прогнозов будущего положения тропических циклонов предложенным к испытанию методом превышают аналогичные показатели инерционных прогнозов.

Результаты оперативных испытаний метода прогноза давления в центре ТЦ представлены в табл. 5. Абсолютная ошибка прогнозов при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. с увеличением заблаговременности растет от 5,8 до 17,8 гПа. Средняя арифметическая ошибка отрицательна для всех прогнозов, следовательно, имеет место занижение прогноза давления в центре ТЦ. Относительная ошибка метода с увеличением заблаговременности уменьшается от 0,85 до 0,68. При нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. абсолютная ошибка

прогноза давления в центре ТЦ с увеличением заблаговременности растет от 5,9 до 10 гПа. Средняя арифметическая ошибка также увеличивается от $-0,6$ (прогноз на 12 ч) до $-7,2$ гПа (прогноз на 72 ч), при этом давление в центре ТЦ систематически занижается. Относительная ошибка метода с увеличением заблаговременности уменьшается от 1,18 до 0,5.

Качество прогнозов максимального ветра в ТЦ (табл. 6) для комплексного метода характеризуют следующие показатели успешности: относительная ошибка уменьшается с увеличением заблаговременности. Средняя арифметическая ошибка прогнозов при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. отрицательна для заблаговременности 12 и 24 ч, следовательно, имеет место занижение прогноза максимального ветра, а в более поздние сроки – его завышение. Средняя арифметическая ошибка при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. с увеличением заблаговременности увеличивается от $-0,3$ (прогноз на 12 ч) до 2,3 м/с (прогноз на 72 ч), при этом максимальная скорость ветра в центре ТЦ в большинстве случаев завышается. Оправдываемость прогнозов максимальной скорости ветра при заблаговременности 12 ч высокая: 86–89 %, затем она понижается до 60–66% для заблаговременности 72 ч. Качество инерционных прогнозов интенсивности тропических циклонов по всем показателям успешности ниже качества методических прогнозов.

Итак, комплексный метод прогноза положения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш., а также при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. позволяет с большой вероятностью рассчитывать будущее положение и интенсивность тропических циклонов с заблаговременностью до 72 ч включительно и по всем показателям имеет преимущество перед инерционными прогнозами. Отмечается некоторое занижение прогностической скорости смещения ТЦ по сравнению с фактической. Направление смещения ТЦ прогнозируется хорошо, качество прогнозов практически не меняется с увеличением заблаговременности прогнозов, при этом преобладает повторяемость отклонения прогностических траекторий влево от фактических при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш. и вправо от фактических при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш. Оценка качества прогнозов интенсивности ТЦ достаточно высокая, в большинстве случаев имеет место занижение прогноза давления в центре ТЦ, а максимальная скорость ветра в центре ТЦ завышается.

Выводы

Качество прогноза положения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана при заблаговременности прогнозов до 72 ч включительно на основе представленного комплексного метода при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш., а также при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с.ш. за весь период испытаний (2008–2009 гг.) интерпретировано как хорошее.

Заслушав и обсудив отчет М.В. Сиротенко о результатах испытаний комплексного метода прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана с заблаговременностью до 72 ч (автор – В.П. Тунеголовец), Технический совет Гидрометцентра Приморского УГМС от 19 января 2010 г. отметил:

- оперативные испытания проведены в соответствии с принятыми требованиями;
- результаты оперативных испытаний комплексного метода прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана показали хорошую оправдываемость прогнозов положения, давления и максимального ветра в центре ТЦ при заблаговременности до 72 ч включительно;
- все показатели надежности метода превышают аналогичные показатели инерционных прогнозов.

Технический совет постановил:

- одобрить выполненную работу;
- рекомендовать использование комплексного метода прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана в оперативной практике отдела метеорологических прогнозов погоды Гидрометцентра Приморского УГМС.

Список литературы

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вариант схемы отбора и оценки групповых аналогов на ЭВМ М-222 // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 1977. – Вып. 35. – С. 11–21.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Эстерле ГР. Схема адаптивного статистического прогноза с использованием группы аналогов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 1976. – Вып. 13. – С. 5–25.
3. РД 52.27.284-91. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов.
4. РД 52.88.629 -2002. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения.

Таблица 2

Ошибки прогнозов положения тропических циклонов

Метод	Заблаговременность, ч	Число прогнозов	Повторяемость (%) значений Δr , км				$\Delta \bar{r}$, км	Экстремальные значения Δr , км		ϵ_r	
			≤ 200	201–400	401–600	> 600		min	max		
при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.											
Комплексный метод	12	254	99	0	0	0	73	0	263	0,35	
	24	254	90	9	0	0	111	10	496	0,27	
	36	198	75	22	2	0	156	15	472	0,27	
	48	185	59	34	4	1	196	21	884	0,26	
	60	160	41	44	10	3	265	0	1802	0,29	
	72	155	35	42	16	5	300	11	1053	0,28	
	при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.										
		12	165	92	4	0	3	97	10	849	0,36
		24	165	79	14	3	3	168	10	1803	0,30
		36	138	69	23	5	0	184	0	1741	0,23
		48	121	52	33	7	5	246	20	1971	0,23
		60	98	42	34	15	7	296	30	1335	0,23
	72	98	33	33	16	16	433	11	3884	0,27	
Инерционные прогнозы 1 порядка	12	251	91	7	0	0	104	10	480	0,50	
	24	251	58	34	6	1	207	11	995	0,51	
	36	198	27	45	20	6	326	49	1434	0,56	
	48	185	12	31	32	22	477	69	2013	0,64	
	60	160	5	19	26	48	650	68	2610	0,71	
	72	155	3	14	17	63	811	74	3130	0,76	
Инерционные прогнозы 2 порядка	12	164	89	10	0	0	119	10	329	0,44	
	24	164	34	45	14	5	284	30	1015	0,50	
	36	138	17	30	23	28	473	59	1471	0,58	
	48	121	7	17	25	49	699	46	1802	0,66	
	60	98	4	7	17	71	922	15	2459	0,72	
	72	98	3	5	5	86		24	3077	0,77	

Ошибки прогнозов скорости перемещения тропических циклонов

Метод	Заблаговременность, ч	Число прогнозов	$\Delta S_{\text{ф}}$, км/сут	Повторяемость (%) значений ΔS , км/сут			ΔS , км/сут.	Экстремальные значения ΔS , км/сут		$\Delta S_{\text{ариф}}$, км/сут	η_s
				≤ 250	251–450	> 450		min	max		
Комплексный метод	при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.										
	12	254	421	96	3	0	102	0	459	–45	1,03
	24	254	410	97	2	0	82	0	434	–41	1,04
	36	198	385	97	2	0	70	0	303	–39	1,05
	48	185	371	99	0	0	63	1	256	–29	1,08
	60	160	365	96	3	0	68	0	350	–37	1,10
	72	155	354	96	3	0	64	0	302	–25	1,13
	при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.										
	12	165	546	87	7	4	137	0	1258	21	1,20
	24	165	562	86	10	3	125	0	1098	8	0,99
	36	138	537	92	6	0	89	0	367	–34	0,96
	48	121	526	92	6	0	90	0	492	–40	0,93
	60	98	509	93	3	3	95	2	534	–64	0,92
	72	98	540	86	8	5	116	1	1110	–51	0,88
Инерционные прогнозы 1 порядка	12	412	462	83	13	3	137	0	632	–21	1,02
	24	412	462	82	13	3	150	1	982	–23	1,02
	36	334	447	80	15	3	158	0	941	–29	1,00
	48	304	432	79	16	3	168	0	858	–23	1,01
	60	257	420	76	19	3	175	2	757	–20	1,02
	72	252	427	72	21	5	190	1	796	–31	1,00
Инерционные прогнозы 2 порядка	12	143	434	65	27	6	206	1	726	74	1,01
	24	143	428	68	25	6	195	5	716	78	1,01
	36	109	440	68	24	6	183	1	727	65	0,99
	48	98	427	70	22	7	189	2	727	83	1,02
	60	86	408	70	22	5	199	7	759	102	1,03
	72	80	393	67	25	7	203	2	817	115	1,05

Ошибки прогнозов направления перемещения тропических циклонов

Метод	Заблаговременность, ч	Число прогнозов	Повторяемость (%) значений $\Delta\varphi^\circ$			Повторяемость (%) отклонения траектории $\Delta\varphi^\circ$		Ошибка угла отклонения $\Delta\varphi^\circ$			Экстремальные значения $\Delta\varphi^\circ$	
			≤ 25	25–35	> 35	вправо	влево	вправо	влево	все случаи	min	max
Комплексный метод	при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.											
	12	254	70	14	12	57	42	16	22	19	0	281
	24	254	85	4	8	46	53	12	17	14	0	292
	36	198	80	7	11	43	56	11	35	22	0	316
	48	185	78	9	11	41	58	11	41	24	0	328
	60	160	73	10	15	40	59	12	56	30	0	328
	72	155	77	6	15	47	52	10	48	28	0	317
	при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.											
	12	165	81	10	7	50	49	12	16	14	0	108
	24	165	89	6	4	60	40	8	13	11	0	121
	36	138	92	3	4	60	39	8	10	9	0	126
	48	121	94	1	3	61	38	6	11	9	0	133
	60	98	91	2	5	65	34	5	10	8	0	55
	72	98	90	3	4	63	36	8	10	9	0	71
Инерцион-ные прогнозы 1 порядка	12	412	60	16	20	54	45	23	27	25	0	284
	24	412	58	17	22	54	45	23	29	26	0	219
	36	334	52	19	26	57	42	26	33	30	0	232
	48	304	47	18	30	58	41	28	38	34	0	216
	60	257	45	17	36	61	38	31	42	38	0	220
	72	252	43	13	42	63	36	36	46	42	0	223
Инерцион-ные прогнозы 2 порядка	12	143	42	23	32	47	52	32	40	36	0	307
	24	143	46	17	34	52	47	35	35	35	0	176
	36	109	46	16	35	51	48	32	32	32	1	145
	48	98	40	19	39	61	38	41	29	34	0	140
	60	86	37	17	43	62	37	44	31	36	0	136
	72	80	42	21	36	60	40	40	34	36	1	129

Ошибки прогнозов давления в центрах тропических циклонов

Метод	Заблаговременность, ч	Число прогнозов	δ_p , гПа	σ_p , гПа	δ_ϕ , гПа	ε_p	Оценка знака изменения давления		Экстремальные значения δ_p , гПа		Экстремальные значения ε_p	
							ρ_p , гПа	%	min	max	min	max
Комплексный метод	при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.											
	12	264	5,8	-0,6	6,8	0,85	0,27	63,6	0,0	39,0	0,00	3,00
	24	254	9,6	-0,5	12,9	0,75	0,39	69,7	0,0	52,0	0,00	5,00
	36	198	13,9	-0,7	18,5	0,75	0,65	82,3	0,0	60,0	0,00	6,40
	48	185	16,5	-1,6	22,7	0,73	0,70	84,9	0,0	64,0	0,00	7,50
	60	160	17,8	-2,9	25,6	0,69	0,74	86,9	1,0	63,0	0,03	5,50
	72	155	17,8	-5,1	26,4	0,68	0,73	86,5	0,0	60,0	0,00	7,60
	при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с.ш.											
	12	168	5,9	-0,6	5,0	1,18	0,00	50,0	0,0	28,0	0,00	3,00
	24	164	8,3	-1,2	9,3	0,89	0,11	55,5	0,0	35,0	0,00	7,00
	36	138	9,2	-1,8	13,1	0,70	0,22	60,9	0,0	43,0	0,00	3,20
	48	121	9,3	-3,1	15,5	0,60	0,24	62,0	0,0	42,0	0,00	3,40
	60	98	9,6	-7,1	17,7	0,54	0,43	71,4	0,0	43,0	0,00	3,50
	72	98	10,0	-7,2	20,0	0,50	0,33	66,3	0,0	46,0	0,00	2,60
Инерционные прогнозы 1 порядка	12	261	6,4	-0,7	6,8	0,94	0,31	65,5	0,0	45,0	0,00	6,00
	24	251	13,4	-2,2	12,9	1,04	0,36	68,1	0,0	100,0	0,00	13,00
	36	198	20,5	-4,8	18,5	1,11	0,22	61,1	0,0	150,0	0,00	20,00
	48	185	29,2	-8,9	22,7	1,29	0,22	61,1	0,0	195,0	0,00	27,00
	60	160	36,6	-12,6	25,6	1,43	0,11	55,6	0,0	250,0	0,00	30,00
	72	155	45,2	-20,6	26,4	1,71	0,06	52,9	0,0	295,0	0,00	25,00
Инерционные прогнозы 2 порядка	12	167	5,4	-1,5	5,0	1,08	0,37	68,3	0,0	25,0	0,00	5,00
	24	164	11,2	-3,7	9,3	1,20	0,40	70,1	0,0	55,0	0,00	11,50
	36	138	17,1	-9,4	13,1	1,30	0,38	68,8	0,0	90,0	0,00	11,00
	48	121	24,5	-15,5	15,5	1,58	0,37	68,6	0,0	130,0	0,00	9,00
	60	98	33,8	-23,1	17,7	1,91	0,37	68,4	0,0	170,0	0,00	16,00
	72	98	41,4	-28,9	20,0	2,08	0,37	68,4	0,0	203,0	0,00	13,00

Таблица 6

Ошибки прогнозов максимальной скорости ветра в центрах тропических циклонов

Метод	Заблаговременность, ч	Число прогнозов	δ_v , м/с	σ_v , м/с	δ_ϕ , м/с	ε_v	Оценка знака изменения скорости ветра		Экстремальные значения δ_v , м/с		Экстремальные значения ε_v , м/с		Оправдываемость P_V , %, в соответствии с Наставлением [4]
							ρ_v , м/с	%	min	max	min	max	
Комплексный метод	при нахождении циклона на момент прогноза к югу от 25 градусов с. ш.												
	12	242	3,3	-0,5	3,5	0,94	0,18	59,1	0,0	14,8	0,00	3,92	85,7
	24	239	5,2	-0,1	6,6	0,79	0,33	66,5	0,0	21,4	0,00	4,69	76,4
	36	190	7,1	0,3	9,0	0,79	0,38	68,9	0,5	26,0	0,06	9,20	63,8
	48	182	7,9	1,5	10,7	0,74	0,49	74,7	0,0	28,0	0,00	3,90	60,0
	60	158	8,4	2,2	11,9	0,70	0,58	79,1	0,0	26,0	0,00	6,72	55,1
	72	154	8,5	3,5	12,4	0,69	0,52	76,0	0,0	25,0	0,00	8,36	59,6
	при нахождении циклона на момент прогноза к северу от 25 градусов с. ш.												
	12	163	3,8	-0,3	2,9	1,32	-0,09	45,4	0,0	24,0	0,00	4,48	89,1
	24	160	4,9	0,8	4,9	1,01	0,05	52,5	0,0	21,9	0,00	6,32	81,0
	36	134	5,5	0,8	5,9	0,93	-0,01	49,3	0,0	22,4	0,00	8,96	77,6
	48	117	5,7	1,4	6,9	0,83	0,16	58,1	0,0	20,9	0,00	4,88	73,7
	60	94	5,9	1,7	7,6	0,77	0,28	63,8	0,0	20,9	0,00	8,16	71,1
	72	94	6,0	2,3	9,5	0,63	0,15	57,4	0,0	21,9	0,00	3,92	65,5
Инерционные прогнозы 1 порядка	12	261	3,5	0,4	3,5	0,99	0,40	70,1	0,0	17,9	0,00	4,08	85,7
	24	251	7,0	1,2	6,7	1,05	0,39	69,3	0,0	38,2	0,00	7,16	76,4
	36	198	10,8	3,2	8,9	1,21	0,22	61,1	0,0	58,6	0,00	29,60	63,8
	48	185	15,2	6,1	10,7	1,41	0,26	63,2	0,0	76,5	0,00	23,48	60,0
	60	160	18,7	8,1	11,9	1,57	0,16	58,1	0,0	96,9	0,00	30,42	55,1
	72	155	22,7	12,0	12,4	1,83	0,14	56,8	0,0	114,7	0,00	29,60	59,6
Инерционные прогнозы 2 порядка	12	167	3,5	0,8	3,0	1,18	0,50	74,9	0,0	48,4	0,00	11,20	89,2
	24	164	6,3	2,4	5,0	1,25	0,48	73,8	0,0	68,8	0,00	11,00	73,2
	36	138	9,3	4,7	6,0	1,54	0,35	67,4	0,0	89,2	0,00	6,97	55,8
	48	121	13,3	7,2	7,1	1,89	0,37	68,6	0,0	114,8	0,00	13,28	37,2
	60	98	16,9	8,7	7,8	2,16	0,41	70,4	0,0	127,5	0,00	21,44	29,6
	72	98	20,6	12,2	9,6	2,14	0,49	74,5	0,0	150,4	0,09	11,84	28,6