

УДК 551.509.323

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА  
МИНИМАЛЬНОЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ВОЗДУХА ДЛЯ Г. АСТАНЫ**С.Л. Аманкулова  
Г.Т. Сулейменова

*В статье представлены результаты работы по усовершенствованию и адаптации методики О.П. Глазовой к прогнозу минимальной и максимальной температуры воздуха. На основе фактических данных за 10 лет рассчитан суточный ход температуры воздуха для г. Астана при различных состояниях неба.*

Республика Казахстан занимает большую площадь и характеризуется значительным разнообразием физико-географических условий. Отдаленность территории от мирового океана способствует температурным контрастам и значительным суточным амплитудам температуры воздуха, которые являются типичными для континентального климата.

Важнейшей задачей синоптиков является максимально точный и с достаточной заблаговременностью прогноз температуры воздуха. Использование расчетных прогностических методов или численных моделей облегчают эту задачу. На основе метода «Прогноз минимальной и максимальной температуры воздуха» разработанного Глазовой О.П. в отделе научно-методических работ и неблагоприятных метеорологических условий (ОНМР и НМУ) ГМЦ были рассчитаны и построены графики суточного хода температуры воздуха для теплого полугодия для г. Астаны. Уточнены графики суточного хода для холодного полугодия на основе фактических данных о температуре и облачности за 1991...2000 гг.

Г. Астана расположен на северо-восточной окраине Тенгизского равнинного сухо-степного района Казахского мелкосопочника, на правом возвышенном берегу реки Ишим. Окружающая местность имеет преимущественно равнинный характер [3].

Температура воздуха в г. Астане в течение года значительно колеблется. Максимальных значений среднемесячная температура воздуха достигает в июле – 20,3 °С, а минимальных в январе – -17,2 °С (табл. 1). Абсолютный максимум и минимум наблюдались соответственно в 1936 году

42,0 °С и в 1893 году -52,0 °С. Переход среднемесячной температуры воздуха через 0 °С отмечается в марте – апреле и октябре – ноябре [4].

Таблица 1

Среднемноголетний ход температуры воздуха на ст. Астана, °С

Месяц												Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-17,2	-16,7	-10,3	2,8	12,6	18,0	20,3	17,6	11,4	2,5	-7,1	-14,2	1,6

Нами была поставлена задача – получить характерные для каждого месяца осредненные (типовые) кривые суточного хода температуры воздуха у поверхности земли при различном состоянии неба. Опыт использования суточного хода применялся также в методиках Глазовой О.П. [1, 2]. При выполнении работы были использованы данные о температуре и количестве облачности за январь – декабрь 1991...2000 гг. За указанный десятилетний период ход температуры был исследован для 1621 дня и 1662 ночей (всего 3283 случая) для различного состояния неба (табл. 2). Случаи, характеризовавшиеся наличием тумана или аномальным суточным ходом температуры воздуха, не рассматривались.

Таблица 2

Число рассмотренных случаев по месяцам при различном состоянии неба

Облачность, балл	Месяц												Общее число случаев
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0-3	День												516
	33	37	43	49	43	58	41	40	51	43	46	32	
	Ночь												794
	40	53	62	85	71	78	72	78	75	71	69	40	
4-7	День												58
	4	5	2	3	7	7	9	5	6	9	1	0	
	Ночь												54
	2	3	1	2	9	7	10	6	5	3	5	1	
8-10	День												1047
	138	110	100	30	126	48	84	37	44	116	98	116	
	Ночь												814
	71	71	99	44	91	61	63	47	54	89	72	52	
<b>Всего</b>	<b>288</b>	<b>279</b>	<b>307</b>	<b>213</b>	<b>347</b>	<b>259</b>	<b>279</b>	<b>213</b>	<b>235</b>	<b>331</b>	<b>291</b>	<b>241</b>	<b>3283</b>

На основании данных наблюдений температуры воздуха и облачности в сроки 0; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21 ч местного времени были построены

осредненные графики суточного хода температуры воздуха для каждого месяца года. При построении графиков был использован следующий подход. В срочных данных определенного месяца выделялись те дни и ночи, в течение которых облачность менялась в пределах 0...3 балла, 4...7 балла или 8...10 баллов, полагая, что приток (отток) излучения внутри каждой из трех групп меняется мало.

Соответственно эти группы условно назвали «ясно», «переменно», «облачно». За начало дня был принят час, ближайший (в среднем для данного месяца) к моменту восхода Солнца. Аналогично, за начало ночи принимался час, ближайший к моменту захода Солнца.

Затем рассчитывались отклонения последующих срочных значений температуры от значения температуры в срок, ближайший к моменту восхода или захода солнца, соответственно для дня и ночи. Все полученные отклонения за каждый срок были суммированы, а затем осреднены. В результате были получены величины отклонений температуры воздуха в различные сроки для различного состояния неба.

В годовом ходе суточная амплитуда температуры воздуха при облачности 0...3 балла (ясное небо) имеет максимум в мае (14,1 °С), минимальное значение приходится на зимний месяц - январь (7,7 °С). Годовой ход суточного колебания при облачности 4...7 баллов имеет максимум в мае (11,4 °С), а минимальное значение приходится на январь (5,7 °С). При облачности 8...10 баллов (пасмурное небо) максимум приходится на май (8,6 °С), а минимальное значение приходится на декабрь (4,4 °С).

Наибольшие отклонения температуры наблюдаются в 15-ти часовой срок, как при облачности 8...10 баллов так и при облачности 0...3 балла (за исключением зимних месяцев, когда максимум смещается на 12-ти часовой срок). Наименьшие отклонения температуры отмечается в 6-ти часовой срок при облачности 0...3, 4...7, 8...10 баллов (табл. 3, 4, 5).

Ниже приведены таблицы со средними значениями срочных отклонений и рассчитанными амплитудами температуры воздуха.

По данным из таблиц 3, 4, 5 были построены графики суточного хода температуры воздуха, которые были использованы для прогноза температуры воздуха по г. Астане на 12, 24 и 36 часов. Прогнозы составлялись с июня 2002 года по январь 2003 года. Была произведена оценка оправдываемости прогнозов, составленных с использованием графиков суточного хода, для сравнения их с оправдываемостью прогнозов температуры воздуха, полученных из ЦГМ Астана.

Таблица 3

Осредненные значения отклонений температуры воздуха (°С) по срокам и их размах при облачности 0...3 балла

Срок	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	-0,8	-0,6	0,5	3,4	5,8	6,0	5,3	5,1	3,1	0,6	-0,2	0,5
12	3,2	4,9	5,7	8,9	11,1	10,4	10,1	11,0	10,7	9,2	5,0	4,8
15	6,9	8,3	8,9	11,3	13,3	12,5	12,5	13,2	13,5	13,3	8,4	8,1
18	5,3	7,9	9,1	11,7	14,1	13,8	13,3	13,8	13,5	12,1	6,5	5,7
21	3,3	4,8	5,6	8,3	10,8	9,4	10,4	9,8	8,1	7,1	4,2	3,7
24	2,0	3,1	3,5	5,4	6,6	4,9	6,2	5,5	5,3	4,4	2,7	2,2
03	0,8	2,0	1,8	3,6	3,9	1,9	3,6	3,1	2,7	2,5	1,6	1,2
Размах	7,7	8,5	9,1	11,7	14,1	13,8	13,3	13,8	13,5	13,3	8,6	8,1

Таблица 4

Осредненные значения отклонений температуры воздуха (°С) по срокам и их размах при облачности 4...7 балла

Срок	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,5	2,1	4,4	4,5	4,0	3,3	2,1	0,5	0,1	0,8
12	2,9	4,1	4,7	5,9	9,5	8,2	8,0	7,9	7,4	6,8	3,9	3,9
15	5,7	6,8	7,2	7,8	10,9	10,1	10,0	9,4	9,5	10,0	6,4	6,3
18	4,6	6,5	7,2	8,0	11,4	10,5	10,0	9,6	9,3	9,2	5,0	4,8
21	3,0	4,1	4,5	5,4	8,5	7,3	7,6	6,8	5,7	5,5	3,2	3,1
24	2,0	2,7	2,9	3,2	4,5	3,7	4,3	3,5	3,5	3,5	2,1	2,0
03	1,2	1,8	1,5	1,7	2,7	1,5	2,3	1,8	1,6	2,0	1,0	1,2
Размах	5,7	6,8	7,2	7,8	11,4	10,5	10,0	9,6	9,5	10,0	6,4	6,3

Таблица 5

Осредненные значения отклонений температуры воздуха (°С) по срокам и их размах при облачности 8...10 баллов

Срок	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,9	0,7	0,5	0,8	3,1	3,0	2,7	1,5	1,0	0,5	0,4	1,0
12	2,7	3,3	3,7	2,8	7,8	5,9	6,0	4,8	4,0	4,3	2,7	2,9
15	4,5	5,3	5,6	4,2	8,5	7,6	7,4	5,5	5,5	6,6	4,4	4,4
18	3,8	5,0	5,4	4,2	8,6	7,1	6,8	5,5	5,5	6,1	3,6	3,9
21	2,8	3,4	3,5	2,4	6,2	5,2	4,8	3,7	3,2	3,9	2,4	2,6
24	2,1	2,2	2,2	1,0	3,3	2,6	2,4	1,6	1,6	2,7	1,6	1,8
03	1,6	1,6	1,2	-0,2	1,5	1,2	0,9	0,4	0,5	1,5	0,6	1,2
Размах	4,5	5,3	5,8	5,4	8,6	7,6	7,4	6,2	6,0	6,6	4,5	4,4

В табл. 6 приведены полученные результаты оправдываемости прогнозов.

Таблица 6

Сравнительная таблица оправдываемости (%) прогноза температуры воздуха за 12, 24 и 36 часов

Месяц	Прогноз Астаны среднее $T_{24ч}$ и $T_{36ч}$	По суточному ходу	
		$T_{12ч}$	среднее $T_{24ч}$ и $T_{36ч}$
Июнь	88	95	91
Июль	76	94	85
Август	87	80	88
Сентябрь	75	84	88
Октябрь	75	87	84
Ноябрь	55	82	71
Декабрь	58	84	65
Среднее	75	87	84

В таблице видно, что оправдываемость прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха, составленных с помощью графиков суточного хода выше, чем оправдываемость прогнозов, сделанных без их использования, в среднем на 9 %.

**Последовательность расчета прогноза температуры:** Прогноз температуры воздуха составляется по эмпирической формуле, учитывающей главные факторы, которые влияют на изменение температуры.

$$T = T_k \pm \Delta T_a \pm \Delta T_{cx}, \quad (1)$$

где  $T_k$  – значение температуры воздуха в пункте прогноза,  $\Delta T_a$  – адвективное изменение температуры за промежуток времени, равный заблаговременности прогноза,  $\Delta T_{cx}$  – изменение температуры вследствие суточного хода [6].

Значение  $T_k$  снимается с исходной карты погоды в пункте прогноза. Величину  $\Delta T_a$  определяют обычным путем на исходной карте погоды, как разность значений температуры в начальной и конечной точках траектории частицы. Изменение температуры воздуха вследствие суточного хода определяется по графикам или таблицам 3, 4, 5.

Рассмотрим пример расчета прогноза минимальной и максимальной температуры воздуха у земной поверхности для города Астана по формуле (1) на 3 декабря 2002 года.

Прогноз составляют по исходным картам (приземная и аэрологическая АТ-700) за 00 ч. СГВ 2 декабря 2002 г. Температура воздуха в пункте прогноза  $T_k = -32,6$  °С. Определяются районы, откуда будут поступать воздушные массы в пункт прогноза через 12, 24 и 36 часов. В соответствии с траекториями воздушной частицы, построенными на 12, 24 и 36 часов и с учетом фактического и будущего барического поля, горизон-

тальный перенос воздуха у поверхности земли в район Астана на 12 ч приходит из точки северо-восточнее столицы Казахстана, где температура воздуха  $T_{12} = -30,0$  °С, к 24 часам – из точки западнее М Тобольск (Россия), где  $T_{24} = -24$  °С и на 36 ч – из точки севернее М Ханты-Мансийск (Россия), где  $T_{36} = -20,0$  °С. Далее определяются величины изменения температуры – адвективные  $\Delta T_a$  и происходящие вследствие суточного хода  $\Delta T_{cx}$  при переменной облачности, т.е. на 12 часов  $\Delta T_a = 2,6$  °С и  $\Delta T_{cx} = 7,0$  °С, на 24 часа  $\Delta T_a = 6,0$  °С и  $\Delta T_{cx} = 5,0$  °С и на 36 ч  $\Delta T_a = 4,0$  °С и  $\Delta T_{cx} = 4,0$  °С. Затем по формуле (1) вычисляются прогно- стические значения температуры:

$$T_{12ч} = T_{00ч} \pm \Delta T_a \pm \Delta T_{cx} = -32,6 + 2,6 + 7,0 = -23,0 \text{ °С},$$

$$T_{24ч} = T_{12ч} \pm \Delta T_a \pm \Delta T_{cx} = -23,0 + 6,0 - 5,0 = -22,0 \text{ °С},$$

$$T_{36ч} = T_{24ч} \pm \Delta T_a \pm \Delta T_{cx} = -22,0 + 4,0 + 4,0 = -14,0 \text{ °С}.$$

Фактическая максимальная температура воздуха 2-го декабря составляла  $-20,6$  °С, а 3-го декабря – минимальная температура  $-20,6$  °С и максимальная температура  $-15,3$  °С (табл. 7). В прогнозе ЦГМ Астана ожидалась температура воздуха 03.12.02 ночью  $-26, -28$  °С, днем  $-22, -24$  °С.

Таблица 7

Пример расчета минимальной и максимальной температуры воздуха в г. Астана

Дата составления	Прогноз на				Индекс станции и исходные данные температуры (°С)	Адвекция и суточный ход	Прогностическая			Фактическая			Оправдываемость, %			
	00 ч	12 ч	24 ч	36 ч			Т <sub>max</sub> на 12 ч	Т <sub>min</sub> на 24 ч	Т <sub>max</sub> на 36 ч	Т <sub>max</sub> на 12 ч	Т <sub>min</sub> на 24 ч	Т <sub>max</sub> на 36 ч	Т <sub>max</sub> на 12 ч	Т <sub>min</sub> на 24 ч	Т <sub>max</sub> на 36 ч	
02.12.02																
03.12.02	-32,6															
		св 188*				7	2,6		-23				-20,6			100
		з 275**				5	6,0		-22				-20,6			100
		с 933***				4	4,0		-14				-15,3			100

Примечание: св188\* – северо-восточнее М Астана; з 275\*\* – западнее М Тобольск (Российская Федерация); с 933\*\*\* – севернее М Ханты-Мансийск (Российская федерация).

Графики или таблицы суточного хода температуры воздуха рекомендуется использовать как дополнительный метод при прогнозе температуры. Кроме того, рассчитанные графики суточного хода температуры воздуха можно использовать для прогноза времени наступления минимальной и максимальной температуры, величины изменения температуры вследствие суточного хода, а так же предсказывать ход температуры, в течение суток при различном состоянии неба для любого месяца года [5, 7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазова О.П. О суточном ходе температуры воздуха // Тр. ЦИП. М.: Гидрометеиздат. – 1958. – Вып.69. – С. 86-114.
2. Глазова О.П. Прогноз температуры воздуха у земной поверхности // Метеорология и гидрология. – 1968. – №1. – С. 10-15.
3. Климатический справочник СССР-Алма-Ата: УГМС, 1968. – 397 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР – Л.: Гидрометеиздат, 1989. Вып. 18 кн. 1. Часть 1-6. 510 с.
5. Прогноз суточного хода максимальной и минимальной температуры воздуха в Северном Казахстане, выполненный В.И. Зинченко, П.М. Чумаковой // Указания к прогнозу сильного ветра, температуры на территории Казахстана. Алма-Ата. 1980, октябрь. С. 13-18.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Прогноз суточного хода, максимальной и минимальной температуры воздуха у поверхности земли. Л.: Гидрометеиздат. – 1965. Часть 2. С. 66-81.
7. Указания к прогнозу сильного ветра, температуры на территории Казахстана–Алма-Ата, 1980. С. 15-17.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

#### **АСТАНА ҚАЛАСЫ БОЙЫНША АУАНЫҢ МИНИМАЛЬДІ ЖӘНЕ МАКСИМАЛЬДІ ТЕМПЕРАТУРАСЫН БОЛЖАУ ӘДІСТЕМЕСІН ЖЕТІЛДІРУ**

С.Л. Аманкулова  
Г.Т. Сулейменова

*Мајалада О.П. ГлазованыҰ ауаныҰ минимальді ж.,не  
максимальді температурасын болжау „дістемесін жетілдіру ж.,не  
адаптациялау бойынша Җылыми-зерттеу жтмыс-тарыныҰ н.,тижелері  
келтірілген. 10 жылҖы најты м.,ліметтердіҰ негізінде Астана јаласы  
бойынша аспанныҰ „ртҖрлі жаҖдайларында ауа температурасыныҰ  
т.,уліктік жҖрісі есептелген.*