

Краткосрочная модель формирования конвективных явлений в районе города Хабаровска

С. А. Дьяков, email: garshina.veronika@gmail.com

Ю. Ю. Поляков

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

***Аннотация.** Рассмотрены метеорологические условия, благоприятные для формирования конвективных явлений. Приводится краткосрочная модель формирования основных конвективных явлений (гроза, ливневой дождь) в районе города Хабаровска, основанная на оценке стратификации и влагосодержания атмосферы*

***Ключевые слова:** конвективные явления, гроза, ливневой дождь, параметры стратификации атмосферы, влагосодержание атмосферы, Хабаровск.*

Введение

Физико-географические и климатические особенности района города Хабаровска оказывают сильное влияние на формирование конвективных явлений над данной территории, что приводит к частым ошибкам ложной тревоги и пропуска при использовании стандартных методов прогноза конвективных явлений, рекомендованных для применения руководящими документами Гидрометеорологической службы ВС РФ. Поэтому при разработке прогноза конвективных явлений по данной территории необходимо постоянно уточнять и совершенствовать модели их формирования и методы прогноза.

1. Анализ условий возникновения конвективных явлений

Город Хабаровск расположен в долине реки Амур в южной части Среднеамурской низменности. Низменность расположена между Буреинским хребтом на западе и горами Сихотэ-Алинь на востоке. Территория города имеет густую речную сеть, но главной водной артерией города Хабаровска расположенного на правом, высоком берегу является Амур и Амурская протока.

Развитие облачности в Хабаровске определяется муссонной циркуляцией. По классификации Б. А. Алисова этот район относится к муссонной области умеренного пояса. Муссонами называются достаточно устойчивые воздушные течения сезонного характера, т. е. меняющие свое направление от зимы к лету на противоположное или близкое к противоположному. Они связаны с такими центрами, как зимний азиатский антициклон и алеутская депрессия, а также летняя

азиатская депрессия и тихоокеанский антициклон, обусловленными главным образом неоднородностью в нагревании суши и моря [1-4].

В районе города Хабаровск конвективные явления (грозы, ливневой дождь, шквалы и т.д.) возникают в теплый период года. С мая конвективные явления усиливаются и наиболее интенсивное развитие имеют в июне и июле, когда грозы возможны каждые пять, шесть дней, иногда число грозовых дней в эти месяцы может увеличиваться до 10.

Продолжительность конвективных явлений за год над городом составляет в среднем 29 ч, увеличиваясь в отдельные годы до 50 ч. Возникновение конвективных явлений наиболее вероятно во вторую половину дня. Максимум их повторяемости приходится на 14-18 ч.

В работе решалась задача исследования метеорологических условий формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск. Для решения поставленной задачи была сформирована архивная выборка метеорологических данных по городу Хабаровск, охватывающая период с 2010 по 2020 год.

Для составления архивной выборки определялись:

- параметры стратификации атмосферы: температура воздуха у земли по данным утреннего радиозондирования (T_z), максимальная температура воздуха у земли на день (T_{max}), разность температур воздуха между уровнями 850 и 500 гПа по данным утреннего радиозондирования ($T_{850-T500}$), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации по данным утреннего радиозондирования ($T' - T_0$), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации с учетом мощности слоя неустойчивости атмосферы по данным утреннего радиозондирования ($T' - T_0 \cdot \text{гПа}$), толщина конвективно-неустойчивого слоя по данным утреннего зондирования (КНС));

- параметры влагосодержания атмосферы: дефицит у земли по данным утреннего радиозондирования (D_3), средний дефицит точки росы воздуха в слое 850-500 гПа по данным утреннего радиозондирования ($D_{850-500}$), средний дефицит точки росы в слое от земли до уровня 700 гПа по данным утреннего радиозондирования (D_{3-700})).

При выявлении метеорологических условий возникновения и отсутствия конвективных явлений, были рассмотрены характеристики воздушных масс в которых образовывались конвективные облака. Особенно это важно при внутримассовых процессах, когда температурно-влажностное состояние тропосферы определяет как время начала возникновения опасного явления погоды, так и его продолжительность.

В связи с этим, по данным утреннего зондирования атмосферы рассчитывались характеристики и параметры атмосферы в тот день, когда наблюдались конвективные явления, и определялись благоприятные условия для гроз, ливневого дождя и простых метеорологических условий – «без явлений».

Далее был поведен статистический анализ распределения метеорологических величин, параметров атмосферы для трех классов (гроза, ливневой дождь, без явлений) и получены градации метеорологических величин, которые описывали погоду по стратификации и влагосодержанию атмосферы. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация конвективных явлений на день по метеорологическим величинам и параметрам атмосферы (знаменатель – максимальная повторяемость)

Метеорологические величины и параметры атмосферы	Конвективные явления		
	Гроза	Ливневой дождь	Без явлений
$T_3, ^\circ\text{C}$	24-30 26-28	16-26 20-22	20-26 22-24
$T_{\max}, ^\circ\text{C}$	26-32 28-30	22-30	22-32 26-30
$T_{850-T500}, ^\circ\text{C}$	25-28 27-28	22-26	21-25 23-25
$T' - T_0, ^\circ\text{C}$	1-3 1,5-2	0-1,5 1-1,5	0-2 0-1
$T' - T_0 \cdot \text{гПа}, ^\circ\text{C}$	0-1512 0-756	0-987 0-329	0-400 0-200
КНС, гПа	127-168 127-147	34-147 106-126	0-40 0-20
$D_3, ^\circ\text{C}$	0-6 2-4	0-1	4-12 6-8
$D_{850-500}, ^\circ\text{C}$	3-6 3-4	0-4.5 1.5-3	5-11 5-7
$D_3-700, ^\circ\text{C}$	1-5 3-5	1-3 2-3	3-9 4-5;7-8

2. Краткосрочная модель

После выявления характерных метеорологических условия для каждого класса конвективных явлений, определялись оптимальные условия, при которых можно было бы разделить конвективные явления, т.е. установить пороговые метеорологические значения. Причем граничные условия выбирались исходя из установленных физико-статистических закономерностей связанных с формированием конвективных явлений:

1. Чем больше температура воздуха у поверхности земли в утренние часы, тем менее вероятно возникновение конвективных явлений.

2. Чем выше максимальная температура воздуха у поверхности земли, тем вероятнее появления конвективных явлений.

3. Чем больше разность температур воздуха между уровнями 850 и 500 гПа по данным утреннего радиозондирования, средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации (для слоя от среднего уровня конденсации до среднего уровня конвекции на уровнях, взятых через 100 гПа), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации с учетом мощности слоя неустойчивости атмосферы, тем выше вероятность возникновения конвективных явлений на день.

4. Чем больше КНС, тем выше вероятность образования кучево-дождевых облаков, гроз, больше их водность и количество осадков.

5. Чем больше значение дефицита точки росы у земли, тем ниже вероятность образования конвективных явлений.

6. Средний дефицит точки росы воздуха в слое 850-500 гПа учитывает близость к состоянию насыщения водяным паром большей части тропосферы. Если $D_{850-500} \geq 6^{\circ}\text{C}$, то дальнейшие расчеты производить не следует, так как в сухом воздухе вероятность возникновения конвективных явлений очень мала.

7. Средний дефицит точки росы в слое от земли до уровня 700 гПа характеризует влажность нижней тропосферы. Если $D_{з-700} \leq 3^{\circ}\text{C}$, то на день следует прогнозировать наличие конвективных явлений.

После определения пороговых значений метеорологических величин и параметров атмосферы, проводилось моделирование конвективных явлений, применяя установленные физико-статистические закономерности, представленных в табл. 2 в виде условий. Согласно разработанной краткосрочной модели формирования конвективных явлений на день в районе города Хабаровск, в данной таблице формулировка прогноза вида конвективного явления на день определяется исходя из большинства выполнимых условий, содержащихся в соответствующей графе.

Таблица 2

Краткосрочный прогноз формирования конвективных явлений на день в районе города Хабаровск

Метеорологические величины, параметры атмосферы	Конвективные явления		
	Гроза	Ливень	Без явлений
$T_3, ^\circ\text{C}$	≥ 26	≥ 20	≥ 22
$T_{\max}, ^\circ\text{C}$	≥ 28	≤ 25	≥ 24
$T_{850}-T_{500}, ^\circ\text{C}$	≥ 27	22-26	≤ 25
$T' - T_0, ^\circ\text{C}$	$\geq 1,5$	1-1,5	≤ 1
$T' - T_0 \cdot \text{гПа}, ^\circ\text{C}$	≤ 1512	≤ 987	≤ 400
КНС, гПа	≥ 127	≤ 156	≤ 40
$D_3, ^\circ\text{C}$	≤ 4	≤ 1	≥ 6
$D_{850-500}, ^\circ\text{C}$	3-6	≤ 3	≥ 5
$D_{3-700}, ^\circ\text{C}$	3-5	2-3	≥ 4

Моделирование показывает, что для возникновения грозы или ливневого дождя атмосфера должна быть с неустойчивой стратификацией, $T' - T_0 \geq 1^\circ\text{C}$, с КНС ≥ 127 гПа и $T_{850}-T_{500} \geq 27^\circ\text{C}$ и обладать высокой влажностью $D_3 \leq 5^\circ\text{C}$.

Если же неустойчивость в утреннее время небольшая (КНС ≤ 40 гПа, $T_{850}-T_{500} \leq 25^\circ\text{C}$, $T' - T_0 \leq 1^\circ\text{C}$ и сухая тропосфера ($D_3 \geq 6^\circ\text{C}$)) то, на день следует ожидать отсутствие конвективных явлений, а наличие лишь кучевой формы облачности (Cu).

Произведенная оценка разработанной краткосрочной модели на независимом материале показала удовлетворительные результаты, представленные в таб. 3.

Таблица 3

Критерии успешности краткосрочной модели формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск

Прогнозируемые конвективные явления	Критерии успешности		
	U	H	Q
Гроза	0,70	0,40	0,48
Ливневой дождь	0,72	0,44	0,46
Cu (без явлений)	0,76	0,52	0,53

Заключение

Анализ произведенной оценки показывает, что по данной классификации в городе Хабаровске наиболее лучше прогнозируется погода, соответствующая наличию на день облаков Си форм, отсутствия опасных конвективных явлений. Среди рассмотренных конвективных явлений наибольшие значения критерии успешности имеют прогнозы с формулировкой «ливневой дождь». В целом все прогнозы, разработанные по краткосрочной модели являются методически правильные и эффективные.

Данную краткосрочную модель необходимо использовать при составлении прогноза конвективных явлений в районе аэродрома города Хабаровск, так как она позволяет учесть большинство важных для образования конвективных явлений метеорологических факторов, характеризующих влагосодержание и стратификацию атмосферы.

В целях дальнейшего совершенствования краткосрочной модели формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск будет использоваться дискриминантный анализ.

Список литературы

1. Матвеев Л. Т. Облака и вихри – основа колебаний погоды и климата / Л. Т. Матвеев, Ю.Л. Матвеев; – СПб.: РГГМУ, 2005. – 326 с.
2. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды: учебное пособие. – 2-е издание / О. Г. Богаткин – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 288 с.
3. Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шпока И. Н. Оценка роли разных факторов в формировании гроз на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 3. – С. 28-35.
4. Швер У. А. Климат Хабаровска / У. А. Швер – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 250 с.