

26
778
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Труды, выпуск 14

ОБЛАКА, ОСАДКИ И ВОПРОСЫ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

175263

БИБЛИОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ЛЕНИНГРАД
1963

В. С. АНТОНОВ, Л. С. ОРЛОВА, В. С. ФИОНОВА

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ОСАДКОВ ПО УПРОЩЕННОЙ СХЕМЕ
ЛГМИ

1. В работе [1] на основе теоретических разработок [2,3,4] изложена методика расчета зон осадков из фронтальных облаков слоистых форм. Из указанных работ следовало, что при диагнозе осадков следует различать два основных случая: чисто водяные облака и облака, в верхней части которых имеет место заметная кристаллизация.

Для диагноза осадков из чисто водяных облаков необходимо точно знать распределение капель по размерам, температуру, водность, вертикальную мощность облаков и дефицит влажности воздуха под облаком.

В смешанных облаках доминирующее значение приобретает фактор кристаллизации капель в верхней части облака, так как снежинки растут с большой скоростью за счет перегонки пара с капли на кристалл и, таким образом, замерзшая капля преодолевает область замедленного роста в сравнительно короткое время.

Для расчета осадков из смешанных облаков в методе [1] используются в основном данные самолетного зондирования атмосферы.

Однако, несмотря на довольно строгую научную концепцию, предложенная в работе [1] методика расчета зон осадков встретила на пути внедрения в практику серьезные препятствия. Во-первых, отсутствие данных о водности облаков, распределении капель по размерам в них и другое не позволяет сделать диагностические расчеты осадков для чисто водяных облаков, не говоря уже о прогностических расчетах, так как прогноз перечисленных выше параметров облака совершенно не разработан. Поэтому автор работы [1], говоря о диагнозе и прогнозе осадков из капельных облаков, считает, что проблема прогноза осадков из таких облаков (хотя бы только самого факта выпадения или невыпадения) находится пока в такой стадии, что нет решения даже для такого случая, когда изменения температуры и вертикальной мощности облака заданы.

Это привело к тому, что в методике [1] диагностические расчеты осадков из чисто водяных облаков не делались. Правда, это существенно не ухудшило расчеты, так как были использованы такие случаи, когда достаточно мощные капельные облака не наблюдались.

Возникла необходимость на экспериментальном материале рассмотреть водяные облака и, упрощая схему расчета, найти связи между такими параметрами облака, которые бы характеризовали процесс осадкообразования и были бы доступны для практического использования на оперативной сети службы погоды.

Во-вторых, для расчета осадков из смешанных облаков по методу [1], помимо распределения по вертикали температуры воздуха, необходимо знать высоты нижней и верхней границы облаков, что возможно было получить только из данных самолетного зондирования атмосферы.

Незначительная сеть такого зондирования не обеспечивает достаточно надежного диагноза зон осадков, так как при существующем в настоящее время расстоянии между пунктами самолетного зондирования атмосферы могут выпасть из анализа зоны осадков, которые находятся между этими пунктами.

Наконец, диагноз зон осадков с помощью вертикальных разрезов и переход от разреза к синоптической карте занимают много времени.

Все это привело к необходимости отказа от вертикальных разрезов. Расчеты зон осадков выполнялись по данным самолетного зондирования атмосферы и более многочисленным данным радиозондирования.

Некоторые результаты исследований по расчету обложных осадков опубликованы в работах [5,6]. Ниже излагается упрощенная схема расчета зон осадков из облаков слоистых форм, которая отвечает предъявленным выше требованиям. Схема разработана В.С.Антоновым, расчеты конкретных случаев и проверка схемы были выполнены в Ленинградском бюро погоды инженерами Л.С.Орловой и В.С.Финоновой.

П.Рассмотрим прежде всего смешанные облака, так как в средних широтах в подавляющем большинстве случаев обложные осадки выпадают из таких облаков.

В работах [1,2] показано, что учет внутриоблачных физических процессов при расчете осадков из смешанных облаков типа $As-Ns$, St и Sc в первую очередь будет сводиться к расчету условий, при которых наступает кристаллизация в верхней части облака, так как в этом случае замерзшие вблизи верхней границы облака капли начинают падать вниз, практически почти не поднимаясь выше уровня замерзания, и укрупняются при своем падении до размера "дождевых", проходя незначительный слой переохлажденного облака.

Как было показано в работе [5], для смешанных облаков, а они, как правило, наблюдаются при температурах на верхней границе облака ниже -8° , мощность облака, равная 400 м, является критической мощностью, при которой выпадают заметные для наблюдателя осадки. Такие мощности в обширных зонах переохлажденных облаков слоистых форм встречаются постоянно, поэтому основным условием, характеризующим коллоидальную устойчивость облаков и, таким образом, выпадение осадков, будет являться процесс

кристаллизации в верхней части переохлажденного облака.

В работах [1,3] показано, что замерзание облаков, влияющее на развитие их коллоидальной неустойчивости (образование осадков), начинается при достижении верхней границей облака температуры интенсивной кристаллизации (T_L)^{1/}.

Из сказанного нетрудно записать условия выпадения осадков из переохлажденных облаков слоистых форм.

Пусть K - некоторый параметр, характеризующий эти условия $Z_{\text{вго}}$ - высота верхней границы облака, Z_{T_L} - высота температуры интенсивной кристаллизации, тогда

$$K = Z_{\text{вго}} - Z_{T_L} \quad (1)$$

Из (1) видно, что, если $Z_{\text{вго}} \geq Z_{T_L}$ (кристаллизация в верхней части облака) и, следовательно, $K \geq 0$, то существуют условия для выпадения осадков, если $K < 0$ - то без осадков.

Исходя из работ [7,8,9] и исследований, выполненных студентами ЛГМИ, можно принять, что при разности

$$T - \tau \leq 2^\circ, \quad (2)$$

где T - температура воздуха, τ - температура точки росы на взятом уровне, имеются благоприятные условия для существования облаков. В этом случае диагноз зон осадков можно производить с использованием данных о температуре воздуха и точке росы по высотам, полученных из наблюдений методом радиозондирования атмосферы.

Если использовать только данные T и τ на главных изобарических поверхностях из карт барической топографии, то для расчета превышения $Z_{\text{вго}}$ над Z_{T_L} необходимо получить экстраполяционные формулы.

Совместное решение уравнений кривых стратификации температуры воздуха и температуры точки росы относительно $Z_{\text{вго}}$ при

$$T - \tau = 2^\circ = \Delta$$

дает

$$Z_{\text{вго}} = H_0 + \left(\frac{T_0 - T_0 + \Delta}{\bar{\gamma}_\tau - \bar{\gamma}} \right). \quad (3)$$

Здесь H_0 - высота исходного уровня изобарической поверхности, где $T - \tau \leq 2^\circ$, $\bar{\gamma}$ - средний вертикальный температурный градиент в слое воздуха между исходным уровнем H_0 и первым вышележащим уровнем, где $T - \tau \geq 3^\circ$; $\bar{\gamma}_\tau$ - средний вертикальный гра-

^{1/} Термин "температура интенсивной кристаллизации" был введен Л.Г.Кацуриным в 1956 г. [1]. Им была предложена формула для расчета T_L и построен теоретический график. Позднее этот график был подтвержден и уточнен материалами радио- и самолетного зондирования атмосферы [6].

диент точки росы в том же слое. Для $\bar{\tau}$ и $\bar{\tau}_c$ можно записать

$$\bar{\tau} = \frac{T_o - T_h}{H \frac{P_h}{P_o}}, \quad (4)$$

$$\bar{\tau}_c = \frac{\tau_o - \tau_h}{H \frac{P_h}{P_o}}, \quad (5)$$

где значок h означает, что данные относятся к первому вышележащему уровню, $H \frac{P_h}{P_o}$ - толщина слоя между рассматриваемыми изобарическими поверхностями в геопотенциальных метрах (г.п.м.).

Подставляя в (3) $\bar{\tau}$ и $\bar{\tau}_c$ из (4) и (5), получим

$$Z_{\text{вго}} = H_o + \left(\frac{\tau_o - \tau_o + \Delta}{\tau_o - \tau_h - \tau_o + \tau_h} \right) H \frac{P_h}{P_o}. \quad (6)$$

Решая уравнение кривой стратификации температуры воздуха относительно $Z_{\text{тл}}$, при заданном значении T_i имеем

$$Z_{\text{тл}} = \left(\frac{T_o - T_i}{T_o - T_h} \right) H \frac{P_h}{P_o} + H_o, \quad (7)$$

где T_i - температура интенсивной кристаллизации, которая рассчитывается по графику, изображенному на рис.1.

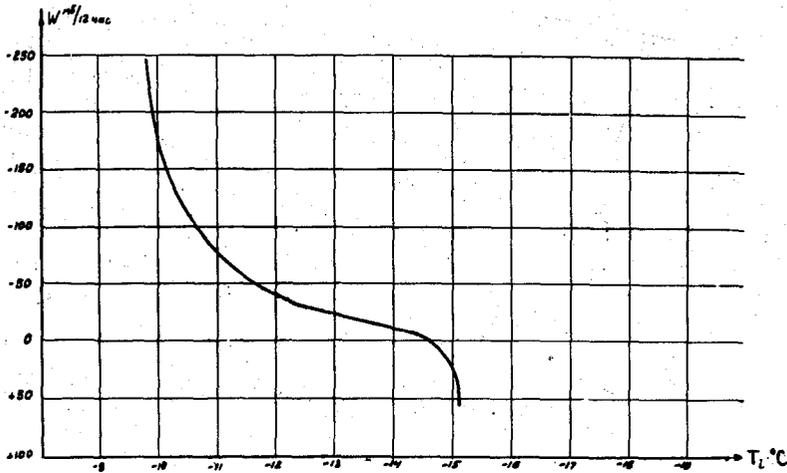


Рис.1. ГРАФИК ДЛЯ РАСЧЕТА T_i (график зависимости между температурой на уровне, где $T - \tau = 2^\circ$, $W = 700$ и осадками по [6]).

Подставив (6) и (7) в (1), окончательно получим

$$K = \left(\frac{\tau_o - \tau_o + \Delta}{\tau_o - \tau_h - \tau_o + \tau_h} - \frac{T_o - T_i}{T_o - T_h} \right) H \frac{P_h}{P_o}. \quad (8)$$

Так как нам важен только знак K , то (8) упрощается:

$$K = \left(\frac{T_0 - T_0 + 2}{T_0 - T_h - T_0 + T_h} - \frac{T_0 - T_h}{T_0 - T_h} \right). \quad (9)$$

Формула (9) позволяет быстро рассчитать по данным температуры и точки росы на главных изобарических поверхностях знак K и, таким образом, определить подготовленность атмосферы к выпадению осадков на каждой отдельно взятой станции.

Рассмотрим теперь условия осадкообразования в капельных облаках. Анализ уравнения для суммарной скорости роста падающей капли, взятого из [2], если его упростить для случая монодисперсного облака и постоянства влажности облака, вертикального градиента температуры в нем и вертикальной скорости, показал, что основными параметрами, характеризующими процесс образования осадков в таких облаках, будут являться вертикальная мощность и средняя температура облака [13].

Делая такие упрощения, мы исходим из того, что в природе достаточно развитые по вертикали слоистые облака обычно наблюдаются в хорошо выраженных циклонах, где порядок величины упорядоченных вертикальных движений один и тот же. Изменение вертикального температурного градиента в облаках $\Delta S - NS$ с высотой незначительное [11], что позволяет принять δ постоянным.

Что же касается влажности облака, то изменение ее, по всей вероятности, будет пропорционально изменению мощности и средней температуры облака, что должно более четко подчеркнуть связь между осадками, мощностью и температурой облака.

Анализ данных около 1000 самолетных подъемов в слоистых чисто водяных облаках подтвердил теоретические выводы.

Была обнаружена хорошо выраженная зависимость между мощностью, средней температурой облака и умеренными осадками (морозящие или очень слабые дожди во внимание не принимались).

В частности, для районов Европейской территории СССР получены следующие данные: при средней температуре облака $+5^\circ$ умеренные осадки могут выпадать только при мощности облака 2200 м, при $t = +0^\circ$ необходима мощность облака 2400 м, при $t = -5^\circ$

$$\Delta H = 2600 \text{ м.}$$

На основании вышеизложенного схему диагностического расчета можно представить следующим образом.

1. С карт AT_{850} , AT_{700} и AT_{500} для каждой станции снимаются данные о температуре и точке росы.

2. Для этих станций вычисляются вертикальные скорости для уровня поверхности 700 мб.^{1/}

^{1/}Данные о вертикальных скоростях также передаются в сводках передач радиометеорологических центров [10].

3. По графику рис.1, используя вычисленную вертикальную скорость, рассчитывается значение температуры интенсивной кристаллизации T_i .

4. По формуле (9) рассчитывается K .

- 5. Если $K > 0$ - осадки,
- $K < 0$ - без осадков,
- $K = 0$ - осадки,
- $K = +\infty$ - осадки,
- $K = -\infty$ - без осадков.

6. Все расчеты K производятся только тогда, когда существуют облака, что соответствует наличию на одной из главных изобарических поверхностей условия $T - \tau \leq 2^\circ$.

7. Если на всех главных изобарических поверхностях $T - \tau \geq 3^\circ$, то расчет не производится и считается что осадков не будет, так как предполагается, что облака отсутствуют.

8. Если $T - \tau \leq 2^\circ$ имеет место на уровне изобарической поверхности 850 мб, а T_i - на уровне изобарических поверхностей 700 или 500 мб и на этих уровнях $T - \tau \geq 3^\circ$, то расчет не производится, так как явно видно, что верхняя граница облаков лежит ниже уровня температуры интенсивной кристаллизации. В этом случае по (1) $K < 0$ - "без осадков".

9. Если на двух главных изобарических поверхностях, следующих одна за другой, $T - \tau \leq 2^\circ$ и уровень, где находится T_i , лежит между ними, то независимо от знака K , полученного по (9), осадки будут. Это такой случай расчета, когда от нижней к верхней изобарической поверхности разность $T - \tau$ уменьшается. Так как (9) получено только при увеличении или постоянстве разности $T - \tau$ с высотой, то при уменьшении этой разности с высотой мы будем иметь не превышение $Z_{\text{вго}}$ над Z_{T_i} , а превышение $Z_{\text{нго}}$ (нижней границы облака) над Z_{T_i} . В этом случае из (1) очевидно, что $K > 0$.

10. Учет мощности облаков производится следующим образом:

а) если разность $T - \tau = 2^\circ$ наблюдается только на одной из трех главных изобарических поверхностей, то даже при $K > 0$ следует считать, что осадков не будет, так как в этом случае мощность облаков незначительная, менее 400 м [5];

б) если на уровнях поверхностей 850 и 500 мб $T - \tau \leq 2^\circ$, а на уровне поверхности 700 мб $T - \tau = 3^\circ$ и T_i отмечается вблизи уровня поверхности 700 мб, то в этом случае даже при получении $K < 0$ осадки будут (безоблачная прослойка незначительной толщины);

в) если на уровнях поверхностей 850 и 500 мб $T - \tau \leq 2^\circ$, на уровне поверхности 700 мб $T - \tau \geq 4^\circ$, а T_i наблюдается не выше уровня поверхности 700 мб, осадки определяются по знаку K .

Если же T_i наблюдается выше уровня поверхности 700 мб, то независимо от знака K следует считать, что осадков не будет. В этом случае

наблюдается значительная по вертикали безоблачная прослойка. Имеет место кристаллизация облаков, которые располагаются вблизи уровня поверхности 500 мб. Хотя они и дают осадки, но, проходя значительный и сухой безоблачный коридор, испаряются, не вызывая коллоидальной неустойчивости нижележащего облачного слоя;

г) если $T - \tau \leq 2^\circ$ отмечается только на уровне поверхности 500 мб, на уровнях поверхностей 700 и 850 мб $T - \tau \geq 3^\circ$, осадков не будет при любых значениях K .

(Большая высота расположения нижней границы облаков. Осадки испаряются, не доходя до земли).

д) если $T - \tau < 2^\circ$ находится на уровнях поверхностей 700 и 500 мб, а на уровне поверхности 850 мб $T - \tau \geq 3^\circ$, то следует рассчитать высоту нижней границы $T - \tau = 2^\circ$. Если $H \geq 2500$ м, осадков не будет, если меньше, то следует ожидать осадки [13].

11. Если $T - \tau < 2^\circ$ имеется только на уровне поверхности 850 мб, а на уровнях поверхностей 700 и 500 мб $T - \tau \geq 3^\circ$ и температура на уровне поверхности 850 мб ниже температуры интенсивной кристаллизации, следует привлечь для расчета нижележащую изобарическую поверхность (например 900 или 1000 мб), с которой снять данные T и τ , и по формуле (10) произвести расчет мощности облаков

$$\Delta H = \left(\frac{\tau_0 - T_0 + 2}{\tau_0 - \tau_h - T_0 + T_{h+}} \right) H_{h+} + \left(\frac{\tau_0 - T_0 + 2}{\tau_0 - \tau_h - T_0 + T_{h-}} \right) H_{\frac{0}{h-}}, \quad (10)$$

[0 - данные относятся к поверхности 850 мб, h_+ - к вышележащей поверхности (700 мб), h_- - к нижележащей поверхности (900 или 1000 мб)]. Если расчет ΔH дает величину 400 г.п.м. и более, следует считать, что осадки будут, если менее 400 м - то без осадков.

12. Если $T - \tau < 2^\circ$ имеет место на уровнях поверхностей 850 и 700 мб одновременно, а T_c располагается выше уровня поверхности 700 мб, K будет меньше нуля. Однако здесь мы имеем дело с мощными водяными облаками. Поэтому необходимо рассчитать мощность их и по значению ΔH и \bar{t} решить вопрос о выпадении осадков [13].

При реальных для Европейской территории СССР средних температурах облаков и при мощности их более 2500 м будут выпадать осадки. В наших расчетах эти условия выполняются при существовании разности $T - \tau < 2^\circ$ одновременно на уровнях поверхностей 850 и 700 мб.

Для более оперативного использования изложенных правил диагноза осадков разработана и прилагается специальная таблица, где в удобную для работы форму сведены эти правила.

III. По описанной выше схеме в расчетной группе Ленинградского бюро погоды в 1961 г. были произведены как диагностические, так и прогностические расчеты осадков для четырех пунктов: Ленинград,

Таблица
для расчета осадков по значениям разностей $T - T_c$ и T_c
на уровнях изобарических поверхностей

№ п/п	$T - T_c$ град.			Слой между изобарическими поверхностями, где располагается T_c			Необходимость расчета K	Ожидаемое явление
	850 мб	700 мб	500 мб	земля-850 мб	850 - 700 мб	700 - 500 мб		
1	≥ 3	≥ 3	≥ 3	-	-	-	нет	без осадков
2	≤ 2	≥ 3	≥ 3	-	-	+	"	"
3	≤ 2	≤ 2	≥ 3	+	-	-	"	осадки
	≤ 2	≤ 2	≥ 3	-	+	-	"	"
	≤ 2	≤ 2	≥ 3	-	-	+	да	$K \geq 0$ - осадки, $K < 0$ - без осадков
4	≥ 3	≤ 2	≤ 2	+	-	-	нет	осадки
	≥ 3	≤ 2	≤ 2	-	+	-	"	"
	≥ 3	≤ 2	≤ 2	-	-	+	"	"
5	$= 2$	≥ 3	> 3	в любом слое +			"	без осадков
6	> 3	$= 2$	≥ 3	То же			"	"
7	≥ 3	≥ 3	≤ 2	"			"	"
8	≥ 3	< 2	< 2	"			надо рассчитать H , где $T - T_c = 2^\circ$	если $H \geq 2500$ м - без осадков, $H < 2500$ м - осадки
9	≤ 2	$= 3$	≤ 2	"			нет	осадки
10	≤ 2	≥ 4	≤ 2	+	-	-	"	"
	≤ 2	≥ 4	≤ 2	-	+	-	да	$K \geq 0$ - осадки, $K < 0$ - без осадков
11	≤ 2	≥ 4	≤ 2	-	-	+	нет	без осадков
12	< 2	≥ 3	≥ 3	-	+	+	"	"
				+	-	-	надо рассчитать ΔH	$H \geq 400$ м - осадки, $H < 400$ м - без осадков
13	< 2	< 2	≥ 3	без учета T_c				осадки

1/ " + " - температура интенсивной кристаллизации наблюдается в этом слое, " - " - не наблюдается.

Хельсинки, Рига, Петрозаводск за период с 14/IX по 10/XII 1961 г.

Дополнительно для Ленинграда диагностические расчеты были сделаны с сентября по декабрь 1960 г. и с января по март 1961 г.^{1/} Всего, таким образом, было сделано для всех пунктов 295 диагностических и 239 прогностических расчетов. Отдельно для Ленинграда - 141 диагностических и 73 прогностических расчета. Результаты диагностических расчетов представлены в табл.1.

Таблица 1

	Общее число расчетов	Из них оправдалось	Не оправдалось	% оправдываемости
По 4 пунктам без учета п.12	295	247	48	84
По г.Ленинграду без учета п.12	141	120	21	85
По г.Ленинграду с учетом п.12	141	125	16	89

Для оценки по всем пунктам фактические данные об осадках брались из приземной карты в 3 часа, что соответствовало данным о температуре воздуха, точке росы и вертикальных токах карт барической топографии в этот же срок. Данные об осадках для Ленинграда брались в интервале времени 3 часа + 30 мин. по наблюдениям метеорологической станции Ленинград-город.

Для того, чтобы составить прогноз осадков, необходимо на срок любой заблаговременности (12 или 24 часа) предвычислить значения T , τ и W и по схеме рассчитать осадки.

Нами производился такой расчет для указанных пунктов с заблаговременностью 24 часа, т.е. к 3 час. следующих суток от исходных данных в 3 часа текущих суток.

Использовались прогностические карты, передаваемые ЦИПОм для земной поверхности, а также для уровней поверхностей 700 и 500 мб. Исходные данные снимались с карт барической топографии, которые составлялись в Ленинградском бюро погоды.

Данные о вертикальных токах как в исходный момент, так и к моменту прогноза брались из сводок, передаваемых ЦИПОм. Для уровня поверхности 500 мб вертикальные токи вычислялись, исходя из предположения, что с высотой они изменяются линейно и, таким образом, величина вертикальных токов на этом уровне может быть рассчитана по формуле.

$$W_{500} = W_{700} + (W_{700} - W_{850}) \cdot \quad (11)$$

^{1/} Пункт 12 изложенных выше правил учитывался только при диагностических расчетах осадков для Ленинграда.

Так как в сводках ЦИПа значения величин W передаются в миллибарах за 12 час., а мы составляли прогноз на 24 часа, то для расчета температуры величины будущих вертикальных токов удваивались. Для определения T_1 будущие W , как и для диагностических расчетов, брались для уровня поверхности 700 мб неудвоенными.

Прогноз температуры осуществлялся методом переноса с учетом только вертикальных движений. Трансформационные изменения не учитывались. Траектории частиц строились так, как это рекомендуется в работе [9].

Предполагалось далее, что удельная влажность воздуха до момента конденсации остается неизменной. При дальнейшем охлаждении всегда остается постоянным равенство $T = T_1$. Результаты прогностических расчетов представлены в табл.2.

Таблица 2

	Общее число расчетов	Из них оправдалось	Не оправдалось	% оправданности
Для 4 пунктов	239	173	66	72
Для г. Ленинграда	73	56	17	76
Диагностические расчеты для г. Ленинграда	73	64	9	88

В табл.2 в последней графе приведены данные диагностических расчетов для тех же 73 случаев прогноза осадков по Ленинграду.

Из сравнения этих данных видно, что результат улучшился на 12% и равен 88%. Таким образом, при достаточно точном прогнозе температуры воздуха, точки росы и вертикальных токов мы бы имели высокообеспеченный прогноз осадков.

Как показали выполненные расчеты, прогноз вертикальных токов, если учитывать только знак их, имеет удовлетворительную оправданность, с учетом не только знака, но и величины прогнозов вертикальных движений на 24 часа остается все еще недостаточно надежным, а это в свою очередь вызывает значительные ошибки в прогнозе температуры и влажности. Поэтому нами была произведена оценка прогноза величины и знака вертикальных движений. Допускалась в этой оценке ошибка $\pm 30\%$ от ожидаемой величины W при совпадении знака. Для случаев с оправдавшимися таким образом вертикальными токами в указанных пунктах была произведена оценка прогноза осадков.

Результат значительно улучшился. Так, для 4 пунктов оправданность повысилась до 82%, а для г. Ленинграда - до 80%.

1У. В последние годы для расчета осадков многими исследователями используется график из работы [12].

Этот график был построен на материале радиозондирования атмосферы и устанавливает связь между осадками, разностью $T - T_c$ на уровнях поверхностей 700 или 850 мб и вертикальными токами на соответствующей изобарической поверхности. Используя уже имеющийся у нас материал, мы провели сравнение методов расчета осадков ЛГМИ и американского метода [12] (диагностические расчеты) для г. Ленинграда.

Результаты этого сравнения даны в табл.3.

Таблица 3

Метод	Число случаев	Оправдалось	Не оправдалось	% оправданности
Метод [12]	141	115	26	82
ЛГМИ без учета мощности облаков, п.12	141	120	21	85
ЛГМИ с учетом мощности облаков, п.12	141	125	16	89

Из таблицы видно, что качество расчета осадков по методу [12] несколько ниже (на 7%), чем по методу ЛГМИ.

Особенно плохие результаты при использовании американского метода получаются тогда, когда на уровне изобарической поверхности, по которой производится расчет, наблюдаются нисходящие движения воздуха. Этот метод совершенно не оценивает условия для выпадения осадков из облаков, расположенных ниже или выше уровня той изобарической поверхности, по которой производится расчет даже и при наличии восходящих токов.

Совершенно очевидно, что при наличии капельножидких облаков толщиной менее 2000 м при восходящих токах по методу [12] будут ожидать осадки, в то время как из таких облаков осадки не выпадают.

В табл.4 приведено несколько примеров, которые характеризуют те условия, при которых по методу [12] нельзя оценить правильно процесс осадкообразования. В первом примере - мощные облака, простирающиеся вплоть до уровня поверхности 500 мб. Облака смешанные, так как их верхняя часть находится при температурах более низких, чем температура интенсивной кристаллизации. Несмотря на имеющиеся слабые нисходящие движения воздуха, такая облачность дает осадки. Расчет по методу ЛГМИ также дает "осадки". По методу [12] в этом случае осадков не ожидалось, что не соответствовало действительности.

Во втором примере облачность менее мощная, толщина ее была несколько больше 400 м, однако эти облака лежали в области температур интенсивной кристаллизации, что вызывало коллоидальную неустойчивость и выпадение осадков даже при нисходящих токах около 70 мб /12 час. Очевидно, что в данном случае по методу [12]

Таблица 4

№ п/п	Дата	850 мб		700 мб		500 мб		W мб/12 час.		Расчет		Фактическая погода
		T	τ	T	τ	T	τ	850 мб	700 мб	ЛГМИ	[12]	
1	28/IX 1960	+1	0	-8	-8	-23	-25	+10	+10	осадки	без осадков	осадки
2	16/I 1961	-21	-22	-28	-33	-32	-46	+70	+50	"	"	"
3	31/X 1960	-6	-7	-12	-18	-22	-32	-30	-40	без осадков	осадки	без осадков
4	10/XI	-1	-2	-6	-8	-22	-30	-90	-100	"	"	"
5	29/IX	-2	-2	-10	-11	-28	-32	-30	-40	осадки	"	осадки
6	17/XI	-2	-2	-7	-7	-26	-28	-10	-30	"	"	"

осадков не следовало ожидать. Фактически наблюдался снегопад, образование которого предсказывается методом ЛГМИ.

В третьем и четвертом примерах приведены случаи с облачностью толщиной менее 2000 м, верхняя граница которой не достигла температур интенсивной кристаллизации. Это говорит о том, что облака были капельными. По методу ЛГМИ для этих примеров, несмотря на значительные восходящие движения, нет условий для выпадения осадков, что в действительности и наблюдалось. По методу [12] при разности на уровне поверхности 850 мб $T - T_c = 1^\circ$ и $W_{850} = -30$ и -90 мб/12 час. расчеты указывали "осадки". Нагонец, в последних двух примерах приведены случаи, когда по обоим методам расчеты совпадают. Видно, что это совпадение бывает тогда, когда имеются восходящие движения воздуха и верхняя граница облаков располагается на уровне температуры интенсивной кристаллизации или выше его.

Таким образом, приходим к следующим выводам.

1. Для диагноза и прогноза осадков в одинаковой степени важен не только учет термодинамических процессов, приводящих к насыщению воздуха водяным паром и образованию облаков, но и учет внутривлажных физических процессов, которые непосредственно формируют осадки в существующем облаке.

2. Метод, построенный только на чисто статистических зависимостях, в среднем при большом числе испытаний может давать удовлетворительный результат, однако при конкретных расчетах не отображает действительной картины процесса осадкообразования.

3. Восходящие вертикальные движения воздуха сами по себе еще не могут характеризовать условия выпадения осадков даже при наличии облаков, что хорошо видно из примеров сравнения метода ЛГМИ с методом [12]. Однако точность прогностических расчетов осадков зависит главным образом от точности прогностических расчетов вертикальных токов, так как характер и величина последних, за исключением случаев мощной адвекции и трансформационного изменения температуры воздуха, обуславливает формирование облаков и вертикальное распределение облаков и температуры воздуха.

Л и т е р а т у р а

1. Качурин Л.Г., Алешина Г.И., Беляшова М.А., Заливина В.И., Кудрявцева В.И., Нестерова М.И., Серебрякова А.А., Серякова Л.П. Анализ зон осадков из фронтальных облаков слоистых форм. Труды ЛГМИ, вып.5-6, 1956.
2. Качурин Л.Г. Образование осадков в облаках с малыми вертикальными токами. Изв.АН СССР, серия геофиз., № 2, 1956.
3. Качурин Л.Г. О пересыщении пара и конденсационном росте капель в водяных облаках. Метеорология и гидрология, № 8, 1953.

4. Качурин Л.Г. Замерзание переохлажденных водных аэрозолей. Изв.АН СССР, серия геофиз., № 2, 1951.
5. Антонов В.С. Анализ условий выпадения осадков из облаков слоистых форм. Сб. работ по региональной синоптике, № 6, М., 1962.
6. Антонов В.С. О зависимости между вертикальными токами и температурой интенсивной кристаллизации во фронтальных облаках слоистых форм. Метеорология и гидрология, № 5, 1962.
7. Абрамович К.Г. и Хргиан А.Х. Исследование условий возникновения слоистообразной облачности нижнего яруса. Труды ЦАО, вып.28, 1960.
8. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Гидрометеонадат, Л., 1957.
9. Мерцалов А.И. Вычисление и использование данных об ожидаемых вертикальных движениях воздуха. Методические указания ЦИПа, вып.33, 1959.
10. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, часть 1. Гидрометеонадат, Л., 1955.
11. Боровиков А.М., Грайворонский И.И., Зак Е.Г., Костарев В.В., Мазин И.П., Минервин В.Е., Хргиан А.Х., Шметер С.М. Физика облаков. Гидрометеонадат, Л., 1961.
12. Lewis W. Forecasting 700 mb dewpoint depression by a 3-dimensional trajectory technique. Monthly Weather Review. vol.85,9,1957.
13. Антонов В.С. Об учете внутриоблачных физических процессов при диагнозе и прогнозе обложных осадков. См.в настоящем сборнике.