

Использование радиолокационной и спутниковой информации для анализа и прогноза суточных сумм осадков

Н.И. Толмачева

Свойства полей осадков (ярко выраженная пространственная и временная изменчивость, дискретность) делают задачу исследования пространственной структуры этого явления очень сложной. Известно, что геометрические характеристики полей осадков разного происхождения сильно отличаются. Представление о размерах площадей, на которых одновременно выпадают осадки, дают немногие работы. Приводимые в них данные характеризуют площади распространения осадков, но количественные характеристики, отражающие мезоструктуру полей осадков, отсутствуют.

По данным наблюдений сети метеостанций, которая во многих районах является очень редкой, не все осадки регистрируются, особенно если они обладают малой продолжительностью существования и малой скоростью движения. На площади 600 км² для обеспечения 100-процентной вероятности обнаружения только самого факта выпадения осадков необходима плотность сети 1 прибор на 10 км². В связи с тем что современная сеть метеорологических станций не позволяет детально исследовать пространственную мезоструктуру осадков, необходимо использовать радиолокационную и спутниковую информацию, где возможно изучение полей осадков по ячейкам пространства 4 × 4 км².

Одним из основных источников информации об облачном покрове регионального покрытия являются данные измерений МСЗ «NOAA». Цель работы состояла в статистическом анализе и моделировании полей облачности по спутниковым и радиолокационным (МРЛ-5) наблюдениям на Урале. В работе проанализированы облачность и осадки, выпадающие из облачных образований различного вида и масштаба на территории обзора радиолокатора МРЛ-5 г. Перми и г. Екатеринбурга.

Разработка и испытание метода оценки количества осадков по данным измерений МСЗ «NOAA» проводились для фрагментов снимков с пространственным линейным размером около 10 км (сегменты 3×3 пиксела) с центром в точке, соответствующей положению синоптической станции и квадратам МРЛ. Синхронный архив спутниковых, наземных и радиолокационных данных формировался для территории 45–65° с. ш., 45–65° в. д. и периода с 1999–2001 гг. В исследовании использованы космические снимки со спутников NOAA – 12, 14 и 16. По космической информации определялись различные характеристики: стадия развития, район облачной системы, тип, количество и яркость облаков — по ним рассчитывалось количество осадков на станциях по территории Пермской области. Радиолокационная информация снималась с карт метеоявлений вертикальных разрезов облачности, интенсивности осадков и контуров опасных явлений на АМРК «Метеоячейка» за 1999–2001 гг., в радиусе 200 км от станции Пермь. Рассчитывалась отражаемость на фронтах, количество осадков и число случаев различных форм облачности, высота верхней границы облачности и нулевой изотермы.

Для сбора и обработки информации использовались программы: автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс АМРК «Метеоячейка», про-

граммное приложение Scan Viewer («Приложение предварительной обработки изображений для приемных станций «Скан»).

Комплексная характеристика данных представлена в статье для отдельных дней разных сезонов 2001 г. Диагноз и прогноз осадков по космическим снимкам осуществлялся методом Н.Н. Федоровой и считался хорошим, если разница в данных по МСЗ и МС составляла 1,5 мм. Эти же критерии были применены и к данным МРЛ.

Проанализируем данные МСЗ за 1 января. Количество осадков анализируемой площади (Пермской области) составляет по станциям: максимальные значения наблюдаются на станциях Кын, Оханск, Кунгур, Ножовка – 0,5 мм. Минимальное количество отмечается на станции Б. Соснова – 0,2 мм. Среднее количество осадков за сутки составляет 0,3 мм (рис. 1).

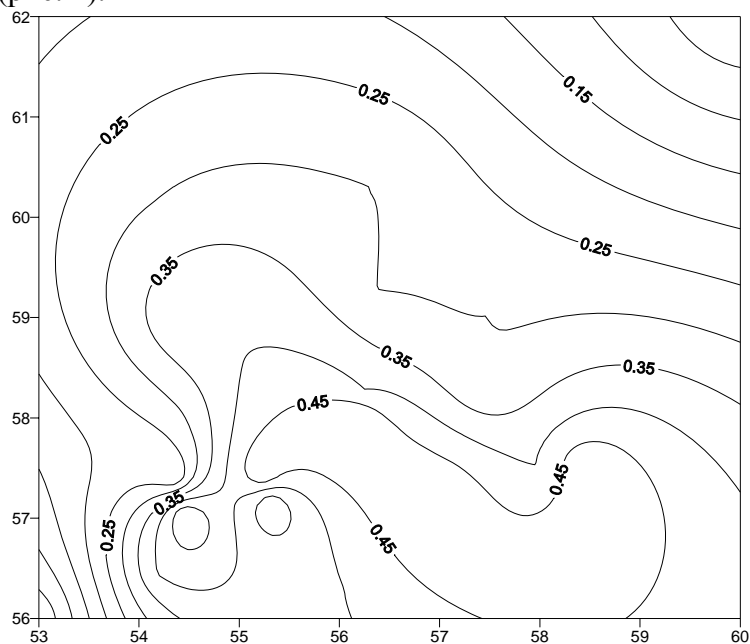


Рис. 1. Пространственное распределение количества осадков на территории Пермской области по данным МСЗ за 01.01.2001г.

По данным МРЛ осадки в этот день отсутствовали. По информации метеостанций (рис. 2) максимальное значение 3 мм на ст. Соликамск, Кудымкар, Лысьва, минимальное значение 0 мм на 9 станциях, среднесуточное количество осадков – 1 мм, что составляет разницу со средним количеством осадков по данным МСЗ 0,7 мм (хорошее совпадение), в отличие от МРЛ.

2 января количество осадков по Пермской области по спутниковым данным составляет: максимальное значение 0,4 мм отмечается на 10 станциях, минимальное значение 0,2 мм наблюдается на северных станциях области Ныроб, Чердынь, Гайны, Соликамск, среднее количество осадков за этот день составляет 0,3 мм (рис. 3, 4). По данным МРЛ осадки на территории области в этот день не зарегистрированы. Среднесуточное количество осадков по станционным данным превышает спутниковые на 0,1 мм.

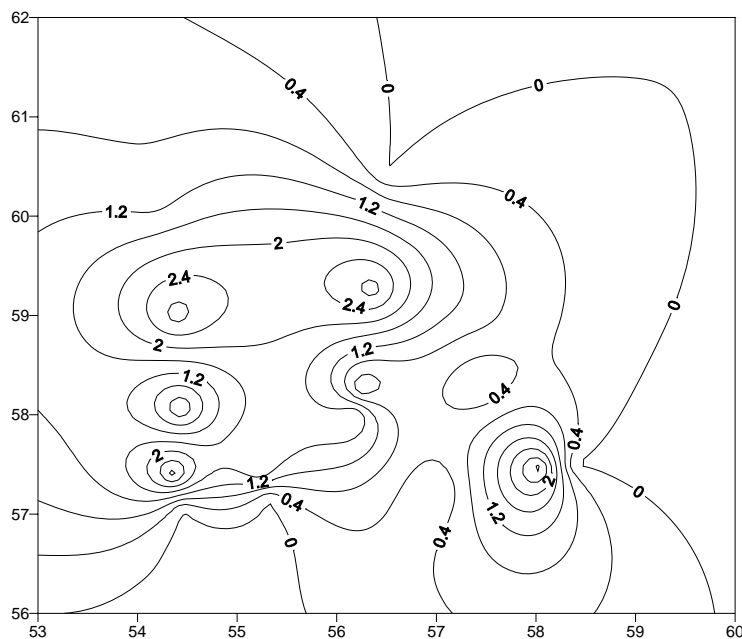


Рис. 2. Пространственное распределение количества осадков на территории Пермской области по данным МС за 01.01.2001 г.

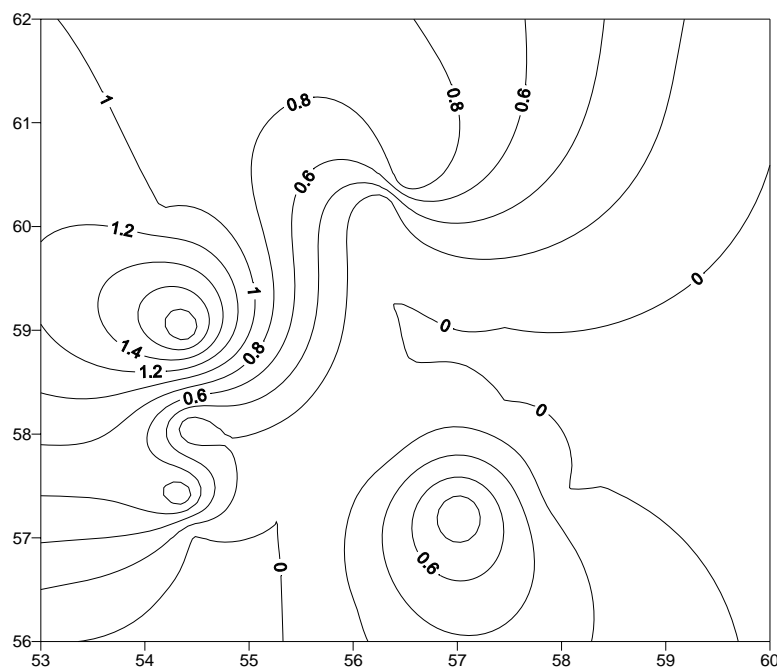


Рис. 3. Пространственное распределение количества осадков на территории Пермской области по данным МС за 02.01.2001 г.

3 января максимальное количество осадков на исследуемой территории по спутниковым снимкам составляет 2,0 мм на ст. Добрянка, Пермь и Соликамск. На ст. Кудымкар и Верещагино 0,6 мм, на ст. Гайны, Кизел, Оханск и Б. Соснова 0,5 мм. На остальных станциях количество осадков составляет 0,2 мм. Среднесуточное количество осадков по данным трех наблюдений отлично совпадает (0,5 мм), минимальное значение по МРЛ и МС соответствует 0 мм, максимум 0,2 мм на ст. Верещагино, по стационарным наблюдениям максимум 0,5 мм на ст. Чернушка.



Рис. 4. Космический снимок облачности за 02.01.2001 г.

4 января по данным спутника Земли NOAA – 14 на станциях Пермской области максимальное значение количества осадков 0,5 мм на станциях Пермь и Верещагино. Минимальное значение 0,2 мм отмечено на северных станциях области: Соликамск, Кизел, Кудымкар, Чердынь, Гайны. Среднесуточное количество осадков 0,5 мм. По данным радиолокатора осадки наблюдались только на одной станции Добрянка – 0,3 мм. Значение количества осадков по данным наземных станций значительно отличается от информации МРЛ и МСЗ, и составляет максимум 6 мм на ст. Верещагино, минимум 0 мм на трех станциях, среднее количество осадков в целом по области 1,3 мм (рис. 5).

14 января по данным МСЗ (рис. 6) максимальное значение на ст. Ножовка составляет 5,1 мм, минимальное значение 0 мм на ст. Кын, среднесуточное количество осадков 1,8 мм. По данным МРЛ осадков в этот день не наблюдалось. Сравнивая данные трех наблюдений, замечаем, что значения спутниковых и наземных станций различны на 0,2 мм.

25 января данные МС и МСЗ отлично соответствуют друг другу, исключение составляет значение на станции Добрянка – 5,6 мм, которому соответствует станционное значение 0 мм. Средние значения по этим наблюдениям представлены в табл. 1

Таблица 1

Среднесуточное количество осадков за 25.01.2001 г., мм

Информация	МСЗ	МРЛ	МС
Кол-во садков	0,7	0	0,4

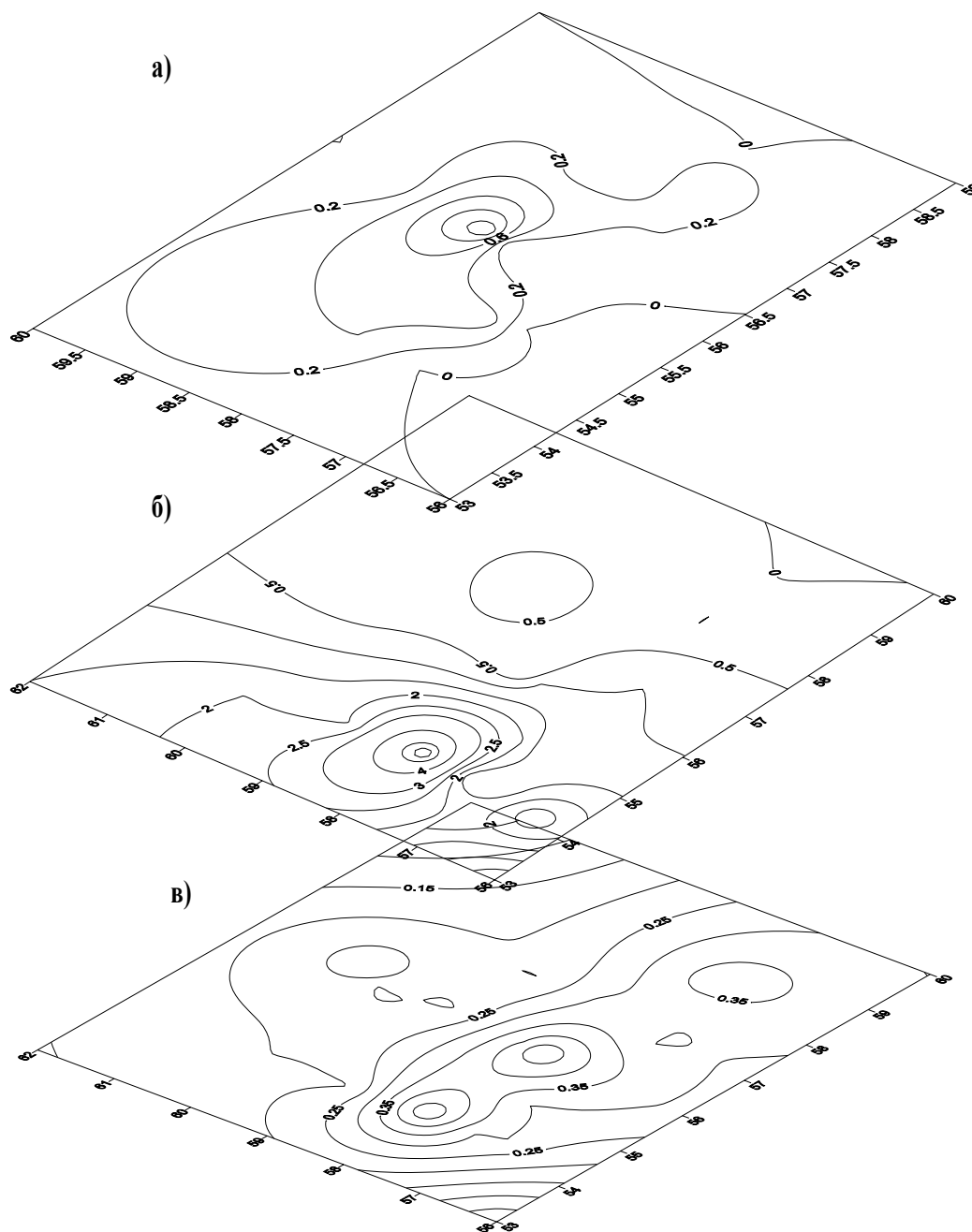


Рис. 5. Пространственное распределение количества осадков на территории Пермской области по данным а) МРЛ, б) МС, в) МСЗ за 04.01.2001 г.

26 января значения количества осадков по данным МСЗ, не отличаются от станционных и радиолокационных наблюдений (табл. 2).

Таблица 2

Среднесуточное количество осадков за 26.01.2001 г., мм

Информация	МСЗ	МРЛ	МС
Кол-во осадков	1,1	0	0,1

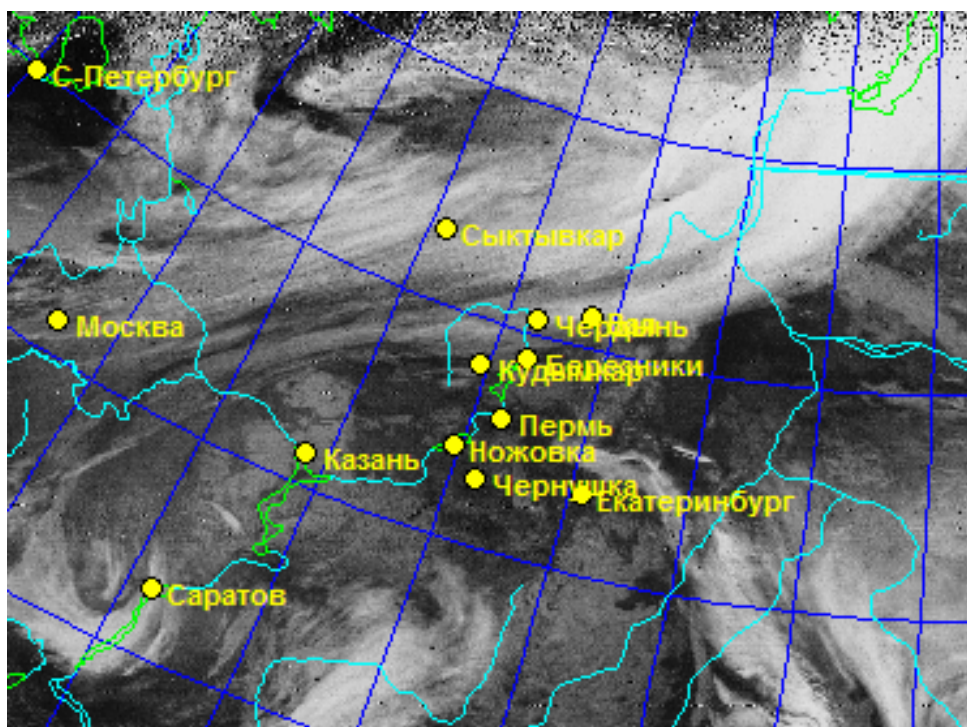


Рис. 6. Космический снимок облачности за 14.01.2001 г.

1, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 29 и 30 августа среднесуточные значения количества осадков по данным радиолокатора, спутника и метеостанций идеально совпадают (табл. 3).

2 августа по данным МРЛ суточное количество осадков составило: максимум 1,1 мм (на ст. Добрянка и Кудымкар), на 8 станциях осадки отсутствовали, среднее значение – 0,2 мм. По данным МСЗ: максимальное количество осадков 4,8 мм на 4 станциях Пермской области, среднесуточное количество осадков 2 мм. По данным МС количество осадков: максимум 9 мм, на 5 станциях осадки отсутствовали, среднесуточное значение количества осадков (1,9 мм) близко к значению метеоспутника (2 мм).

Таблица 3

Среднесуточное количество осадков за август 2001 г., мм

Дата	МСЗ	МРЛ	МС
1	2,2	1,3	1,4
10	0	0,1	0,9
11	0,1	0	1
12	0,5	0,6	0
14	0	0,3	0,8
17	0,1	0,4	0,7
18	0,1	0,3	0,6
19	1,7	1,1	0,9
20	0	0,1	0,9
21	0	0	0,8
22	0,3	0	0,7
23	1,5	0	1
25	1,7	0	1,1
29	0	0,3	0,9
30	0	0,0	0,8

3 августа по данным спутниковых снимков суточное количество осадков по Пермской области соответствовало: 10,2 мм на 17 станциях и 9,3 мм на остальных четырех станциях, среднее значение 10 мм. По данным радиолокационных наблюдений: максимум 1,5 мм на ст. Добрянка, минимум 0 мм на 6 станциях, среднее 0,5 мм. По данным станционных наблюдений количество осадков: максимум 8 мм на ст. Чердынь, на 11 станциях осадки отсутствовали, среднее значение (0,7 мм) близко к значению радиолокационных наблюдений.

4 августа значения количества осадков по данным наземных измерений значительно отличаются от значений радиолокатора и метеоспутника (табл. 4).

Таблица 4

Среднесуточное количество осадков за 04.08.2001 г., мм

Информация	МСЗ	МРЛ	МС
Кол-во осадков	0,6	0,4	6,5

11, 13, 14, 18, 19, 24 ноября среднесуточные количества осадков по исследуемой площади по данным наземных наблюдений не соответствует средним значениям по данным радиолокационных и спутниковых наблюдений (табл. 5).

Таблица 5

Среднесуточное количество осадков за ноябрь 2001 г., мм

Дата	МСЗ	МРЛ	МС
11	0,5	0	6
13	0	0,1	2,5
14	7,2	0,2	2,6
18	0	0,1	1,7
19	0	0	1,9
24	0	0	3,0

12, 16, 22 и 23 ноября среднесуточные количества осадков по Пермской области, по данным МРЛ, близки по значениям среднесуточного количества осадков по данным МС, в отличие от значений МСЗ (табл. 6).

Таблица 6

Среднесуточное количество осадков за ноябрь 2001 г., мм

Дата	МСЗ	МРЛ	МС
12	2,4	0	0,4
16	3,3	0	0,9
22	2,3	0	0,3
23	5,3	0	0,9

15 и 17 ноября среднесуточные количества осадков на исследуемой площади, по данным спутниковых снимков, соответствуют значениям среднего количества осадков по данным метеостанций, чего нельзя сказать о значениях радиолокационных измерений (табл. 7).

Сравнивая все три вида наблюдений (МСЗ, МРЛ и МС) 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29 и 30 ноября, делаем вывод, что среднесуточные значения количества осадков в общем не отличаются друг от друга (табл. 8).

Таблица 7

Среднесуточное количество осадков за ноябрь 2001 г., мм

Дата	МСЗ	МРЛ	МС
15	4,5	0	6,1
17	1,5	0	2,2

Таблица 8

Среднесуточное количество осадков за ноябрь 2001 г., мм

Дата	МСЗ	МРЛ	МС
20	0	0,1	0,7
21	0	0	0,7
25	0	0,2	1
26	0	0	0,4
27	0	0	0,3
28	0	0	0,1
29	0	0,1	0
30	0	0,4	0

По результатам анализа суточного количества осадков можно отметить, что данными спутников Земли, по нашим расчетам, лучше пользоваться в летнее и зимнее время года. В эти периоды суточное количество осадков по данным МСЗ соответствует информации МС в большинстве случаев (2 августа 2001 г. среднее суточное количество осадков по данным МС составляет 1,9 мм, а по данным МСЗ – 2 мм). Значения по радиолокационным наблюдениям носят вероятностный характер и, следовательно, являются менее точными по сравнению с наземными и спутниковыми измерениями (обзор метеорологического радиолокатора не охватывает всей площади обзора МСЗ и сети станций Пермской области), но данные МРЛ необходимо использовать для интерполяции среднего количества осадков по территории (наименьший квадрат 4×4). На станциях Кудымкар, Добрянка, Кунгур, Верещагино, Оханск хорошие совпадения значений суточного количества осадков отмечены по данным МС и МРЛ в переходные сезоны. На станциях Бисер, Лысьва, Ныроб, Чердынь наблюдаются совпадения спутниковых и станционных данных. На станциях, расположенных не более 50 км от Перми, наблюдается совпадение радиолокационных и станционных данных (ст. Добрянка). Увеличение расстояния от МРЛ ведет к уменьшению разрешающей способности, и на станциях удаленных на 100–150 км, радиолокационная информация становится менее точной (ст. Верещагино, Оханск, Кунгур, Б. Соснова), а на расстоянии 200 км и далее, наиболее точными являются данные МСЗ, чем МРЛ.

На основе исследования полей облачности и осадков по данным МРЛ, МСЗ и МС сделаны следующие выводы:

1. При анализе радиолокационной информации отмечено, что число случаев перистообразной облачности максимально в течение всего года. В зимний и осенний периоды наиболее часто наблюдается слоистообразная облачность. Весенний и летний сезоны характеризуются частой повторяемостью *Cu–Cb* облаков. Получена связь высоты верхней границы конвективных облаков и уровня нулевой изотермы (эта характеристика может быть использована в прогнозе осадков по космическим снимкам). По спутниковой информации наблюдается подобная картина, т. е. мы можем заменять характеристики облачности данными МРЛ при прогнозе осадков методом Н. Н. Федоровой.

2. При анализе облачности и осадков по данным наблюдений МРЛ характерной особенностью теплого фронта являлась зона осадков, вытянутая вдоль фронта, наибольшие высоты верхней границы и наибольшая отражаемость радиоэха. Холодные фронты прослеживались в виде полос или изолированных очагов радиоэха, максимальные значения распределения верхней границы радиоэха располагались перед линией фронта. Фронту окклюзии соответствовали максимальные значения отражаемости. Распределение верхней границы облачности отмечалось за фронтом. Фронтальные облачные системы по космическим снимкам соответствовали в большинстве случаев классическим схемам проведения фронтов, приведенным в Руководстве.

3. По результатам анализа среднесуточного количества осадков, выявлено, что взаимозаменяемость данных МСЗ и МС возможна в течение всего года. Наилучшее совпадение в летний и зимний сезон. В летний сезон разница с данными МС составляет – 0,5 мм, а в зимний сезон – 1,2 мм. Взаимозаменяемость данных МС и МРЛ возможна только в переходные сезоны. Подобное исследование для территории Пермской области выполнено впервые.