

УДК 551.557

Исследование взаимозаменяемости радиолокационной и космической информации для прогнозирования метеорологических условий

Н.И. Толмачева, Л.Н. Ермакова

Пермский государственный университет

Введение. В последние десятилетия возрос интерес к вопросам обработки, анализа и практического использования данных, получаемых с метеорологических спутников Земли (МСЗ). В исследовании использовались космические снимки за 2000-2004 гг. со спутников NOAA. По космической информации определялись различные характеристики: район облачной системы, стадия развития циклона, тип облачности, занимаемая площадь на территории Пермского края. Радиолокационная информация снималась с карт метеоявлений на АМРК «Метеоячейка». Рассчитывались площади, занимаемые такими формами облачности, как перистообразная (С-А), слоистообразная (St, Sc), кучевообразная (Cu-Cb), слоисто-дождевая (Ns), определялась повторяемость форм облачности за сутки и сезон, рассматривался ее суточный и годовой ход. Полученные данные сравнивались с информацией наземных метеостанций (МС) и строились поля пространственного распределения площадей облачности за синоптические сроки и по сезонам. Для сбора и обработки информации использовались программное приложение «ScanViewer» (приложение предварительной обработки изображений для приемных станций), автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс АМРК «Метеоячейка» и пакет графических программ.

Суточный ход различных форм облачности. На протяжении всех сроков, кроме 12, 15 и 18 ч, максимальная повторяемость отмечается у перистообразной облачности, ее пик приходится на 15 ч (20 %). Постепенно, в вечерние и ночные сроки, перистообразная облачность уменьшается, достигая минимума в 3 ч (7 %). Утром значения ее повторяемости начинают расти: 9 ч – 11 %, 12 ч – 15 %. Перистообразные облака отличаются более равномерным суточным ходом в сравнении с другими формами (рис. 1). Наиболее выражено изменение повторяемости в течение суток у кучевообразных облаков, так максимум отмечен в 15 ч (26 %), а минимум – в 3 ч (5 %).

В утренние часы кучевообразная облачность растет медленно. Суточный ход всей облачности зависит от нескольких условий, наиболее важным является радиационно-термический фактор. Суточный ход слоистообразной облачности схож с ходом кучевообразных облаков, но более равномерен. Слоисто-дождевая облачность имеет несколько иной суточный ход. Наименьшие значения наблюдаются в 0 ч (8 %), в сроки 3, 6, 9 ч происходит

небольшой рост повторяемости (9-11 %), в 12 ч отмечаются наибольшие значения (19 %), затем – плавное уменьшение до 12 % в 21 ч. В целом, заметим, что суточный ход всех форм облачности имеет одинаковый принцип: значения повторяемости в дневные сроки выше, чем в ночные. Это определяют такие условия как усиление конвекции днем, увеличение вертикальных движений, адвекция тепла и влаги, а также турбулентный обмен. Эти факторы способствуют возникновению облачности.

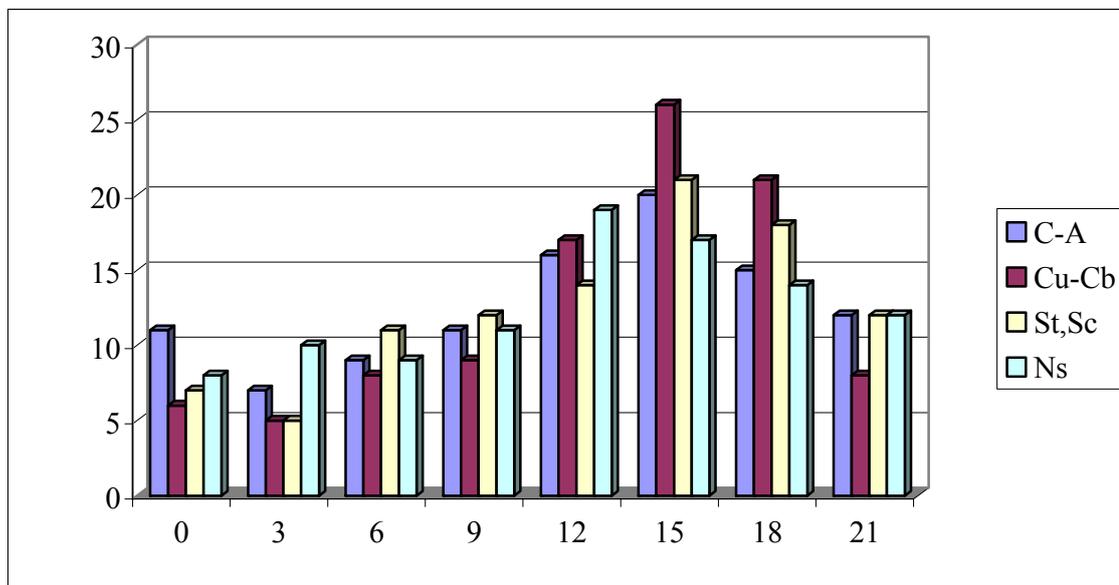


Рис. 1. Повторяемость форм облачности в синоптические сроки (%)

Годовой ход облачных систем по комплексной информации. Рассмотрим повторяемость форм облачности по сезонам. Под повторяемостью здесь понимается отношение числа дней, когда отмечалась данная облачность, к общему числу дней наблюдений. В зимние месяцы наибольшая повторяемость наблюдается у перистообразной облачности. Значения повторяемости этой формы по информации МСЗ практически одинаковы на территории всего Пермского края, за исключением северных станций Губаха и Чермоз, где отмечаются максимальные значения (81-85 %). По данным МРЛ минимальные значения перистообразной облачности приходятся на центральную часть исследуемой территории (Оханск, Пермь – 60 %), а максимальные – также на северные станции (Березники и Кудымкар – 80 %). Информация метеостанций лучше согласуется с данными МСЗ (табл. 1). Повторяемость облачных систем St, Sc на порядок ниже перистообразной облачности. В зимний период максимум ее составляет по МСЗ 53, 54 % на станциях Лысьва и Шамары, минимум – 30, 34 % на станциях Оса и Губаха. По МРЛ минимальные значения наблюдаются на тех же станциях, а максимальные – на станциях Лысьва и Верещагино (54, 52 %). Данные метеостанций в равной мере согласуются с МСЗ и МРЛ. Довольно высокий процент повторяемости этой формы объясняется увеличением числа прохождений циклонов зимой по территории Пермского края. В годовом ходе слоисто-дождевой облачности максимум отмечается в зимний период.

Информация метеостанций отличается: ст. Кудымкар – 23 % (максимум), ст. Добрянка – 9 % (минимум). Частая повторяемость кучевой и кучево-дождевой облачности не характерна для зимнего сезона, что объясняется континентальностью климата Пермского края, которому соответствуют зимой низкие температуры и малая влажность воздуха. Это подтверждают данные исследования (табл. 1).

Таблица 1

Повторяемость облачных систем по данным МСЗ/МРЛ/МС за зимний период 2000-2004 гг. (%)

Станции	C-A	Cu-Cb	St,Sc	Ns
Березники	77/80/74	15/17/18	40/41/45	17/15/18
Верещагино	75/70/78	24/23/22	48/52/48	8/10/12
Губаха	85/79/83	15/16/14	34/31/32	13/12/13
Добрянка	66/60/65	18/14/15	47/47/45	10/10/9
Кудымкар	78/80/77	16/15/15	39/36/40	25/20/23
Лысьва	72/76/70	20/22/20	53/54/53	17/18/16
Оса	74/70/75	31/31/29	30/30/28	24/22/21
Оханск	68/60/65	28/25/26	41/40/40	20/18/20
Пермь	69/60/68	20/18/17	38/36/34	16/15/15
Чайковский	64/-/62	36/34/36	35/33/36	13/16/12
Чернушка	76/72/74	30/32/31	36/37/35	15/18/16
Чермоз	81/77/80	13/15/16	43/45/46	16/20/14
Шамары	62/61/66	12/15/11	54/50/52	8/10/13

МРЛ и МС хорошо согласуются с данными метеорологических спутников. По МСЗ минимальные значения на станциях Верещагино, Пермь, Кудымкар, Губаха (5-6 %), максимальные – на станциях Шамары и Оханск (12 %). Значения повторяемости по МРЛ несколько выше. В летний период кучевообразная облачность имеет ярко выраженный рост. Значения повторяемости по всей территории Пермского края меняются незначительно. Небольшое увеличение отмечается на юге исследуемой территории по всем видам информации: Чайковский, Шамары – 41-45 %. Значения повторяемости слоистообразной облачности немного возросло за счет увеличения неустойчивости пограничного слоя в летнее время и развития влажной конвекции. Максимальные значения слоистообразной облачности наблюдаются на станциях Пермь и Оханск – 54 и 51 % (МСЗ), 55 и 54 % (МРЛ), 56 и 53 % (МС).

Исследование облачных площадей по комплексной информации. Для каждого вида облачности определяются площади по космическим снимкам, МРЛ и наземным данным за каждый синоптический срок. По данным МС на станции учитывается наличие или отсутствие данного вида облачности. Строятся поля пространственного распределения площадей облачности по всем трем видам информации.

Проанализировано пространственно-временное распределение облачности по Пермскому краю за 2000-2004 гг. Рассмотрим площади, занятые облачностью 4 октября 2001 г. На космическом снимке (рис. 2) виден облачный вихрь, расположенный между 45-63° с.ш. и 63-50° в.д., в виде окклюдированного циклона. В циклоне три облачные полосы – теплый, холодный фронты и фронт окклюзии, которому соответствует в основном матовая и волокнистая текстура, вокруг «головы» циклона – зернистая текстура. На территории Пермского края прослеживается холодный фронт, представленный волокнистой и матовой текстурой, простирается в юго-восточном направлении. По данным спутниковых снимков перистообразная облачность занимает большую площадь Пермского края и составляет 115508 км² (табл. 2).

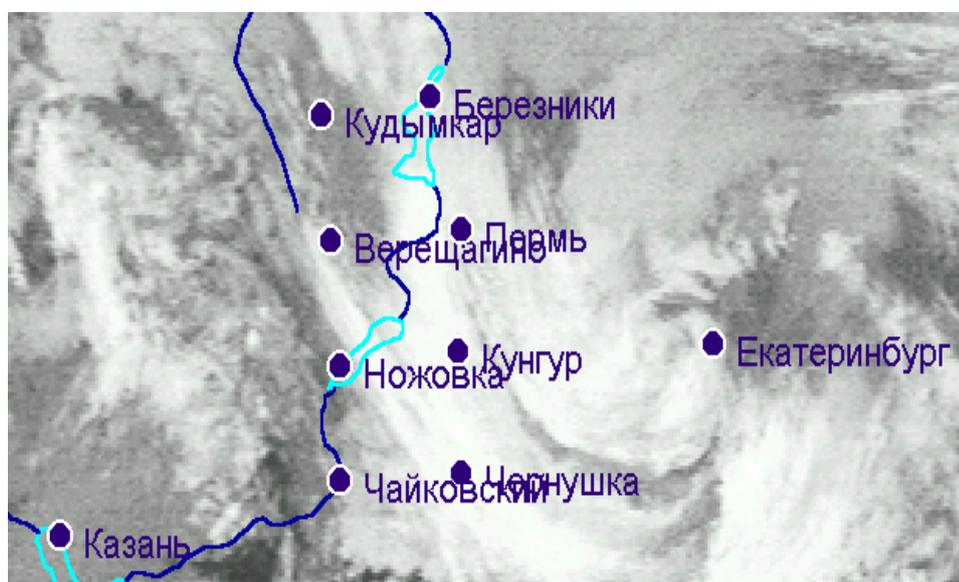


Рис. 2. Космический снимок облачности (04.10.2001 г.)

Большие площади, охваченные перистообразной облачностью, объясняются тем, что даже при разрушении облачных систем в заполняющихся циклонах перистые облака сохраняются дольше других форм облачности. Слоистообразная облачность преобладает на северо-востоке исследуемой территории, на станциях Чермоз, Губаха, Лысьва, ее площадь составляет 54017 км², что в 2 раза меньше площади перистообразных облаков. На юго-востоке отмечаются слоисто-дождевые облака с занимаемой площадью 35730 км². На станциях Б.Соснова, Оса, Ножовка наблюдается кучевообразная облачность с площадью 25085 км². Такая небольшая площадь кучевообразных облаков объясняется годовым ходом этой формы – в осенний период фиксируется спад повторяемости Су-Сб.

Таблица 2

Площади форм облачности по информации МСЗ/МРЛ/МС (04.10.2001 г.)

Форма облаков	C-A	Cu-Cb	St,Sc	Ns
Площадь, км ²	115508/ 93960/102345	25085/ 22022/24546	54017/ 50778/54362	35730/ 24986/30478

По радиолокационной информации (рис. 3) данные отличаются от спутниковых. Наибольшую площадь занимает также перистообразная облачность, но расположена она севернее и меньше по значению 93960 км².

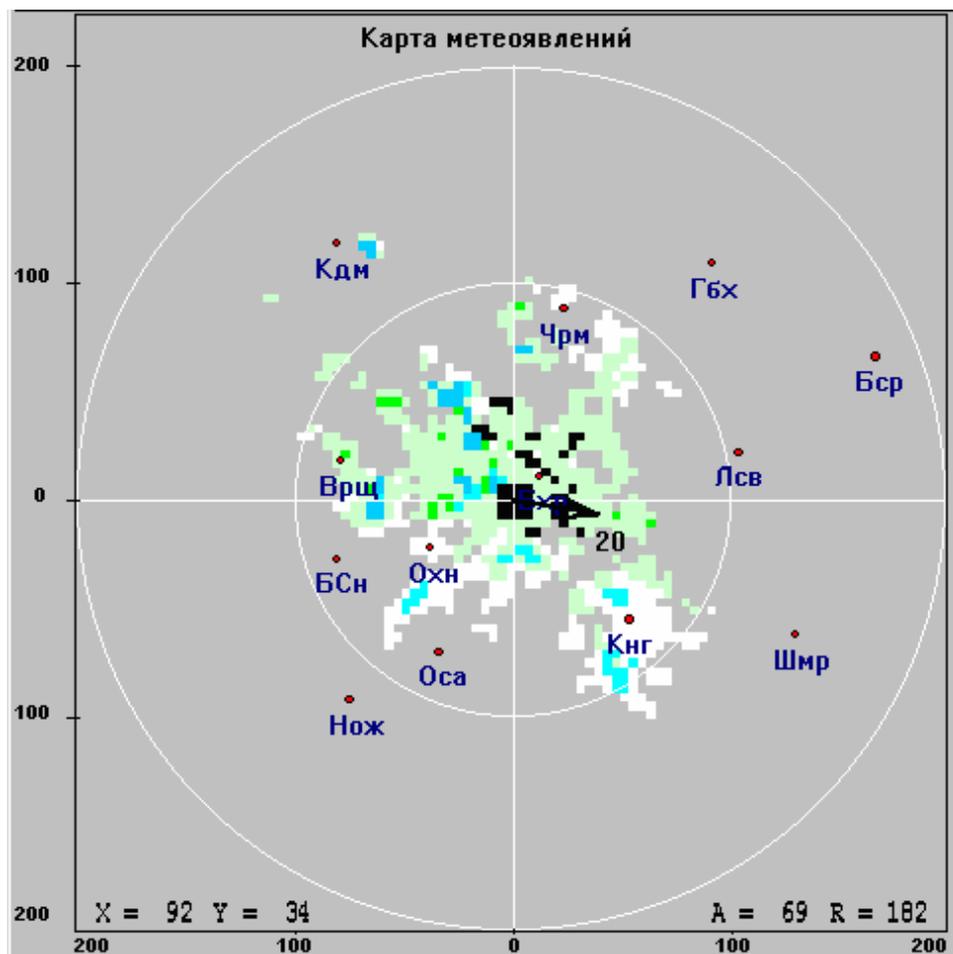


Рис. 3. Карта метеоявлений по данным МРЛ (04.10.2001 г.)

Наглядно можно оценить площадь, занимаемую перистообразной облачностью по рис. 3. Слоистообразная облачность отмечается на станциях Чермоз, Лысьва, Пермь, Кунгур, Верещагино, ее площадь составляет 50778 км² (рис. 4). На третьем месте по информации МРЛ – кучевообразная облачность, которая расположена на северо-западе Пермского края и занимает площадь, равную 22022 км². Заметное отличие наблюдается в площади, охватываемой слоисто-дождевой облачностью, она составляет 24986 км² и расположена северо-восточней, чем по информации МСЗ.

По данным метеостанций наибольшую площадь занимает перистообразная облачность (102345 км²), что близко к значению МСЗ. Затем идет слоистообразная облачность с площадью 54362 км². На юго-востоке отмечаются слоисто-дождевые облака с занимаемой площадью 30478 км². На

северо-западе Пермского края наблюдается кучевообразная облачность, площадь которой также близка к значению площади по космической информации (24546 км²). Сравнивая данные МСЗ, МРЛ и МС, заметно, что лучшее совпадение отмечается между информацией МСЗ и МС в целом, а в центре Пермского края – между МРЛ и МС.

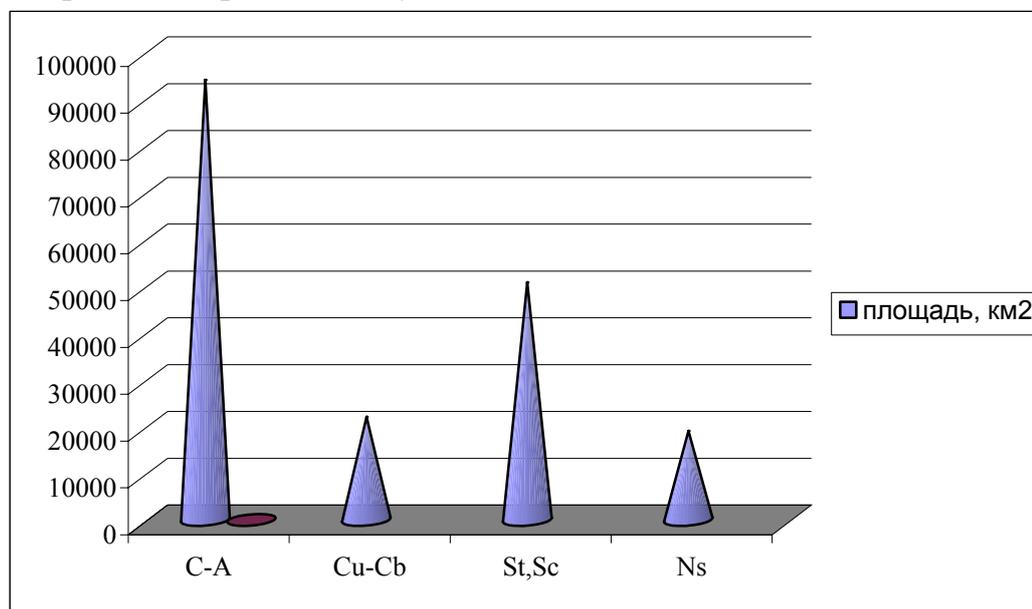


Рис. 4. Площади форм облачности по информации МРЛ за 04.10.2001 г.

Проведем анализ годового хода площадей облачности за 2000-2004 гг. по территории Пермского края. На рис. 5 представлен годовой ход среднемесячных площадей облачности. Наибольшие площади занимает перистообразная облачность на протяжении всего года (км²): январь – 92543, апрель – 91654, июль – 93217, октябрь – 96362. Слоистообразная облачность занимает максимальную площадь в январе (68542 км²), минимальную – в августе (39687 км²). Наиболее выражен годовой ход площадей кучевообразной облачности: максимум – в июле (56348 км²), минимум в – январе (16987 км²). Наименьшие площади занимает слоисто-дождевая облачность (км²): январь – 18632, апрель – 15234, июль – 12463, октябрь – 15872. Среднегодовые значения площадей выглядят так (км²): перистообразная облачность – 93452, слоистообразная облачность – 56575, кучевообразная – 28634 и слоисто-дождевая – 16387.

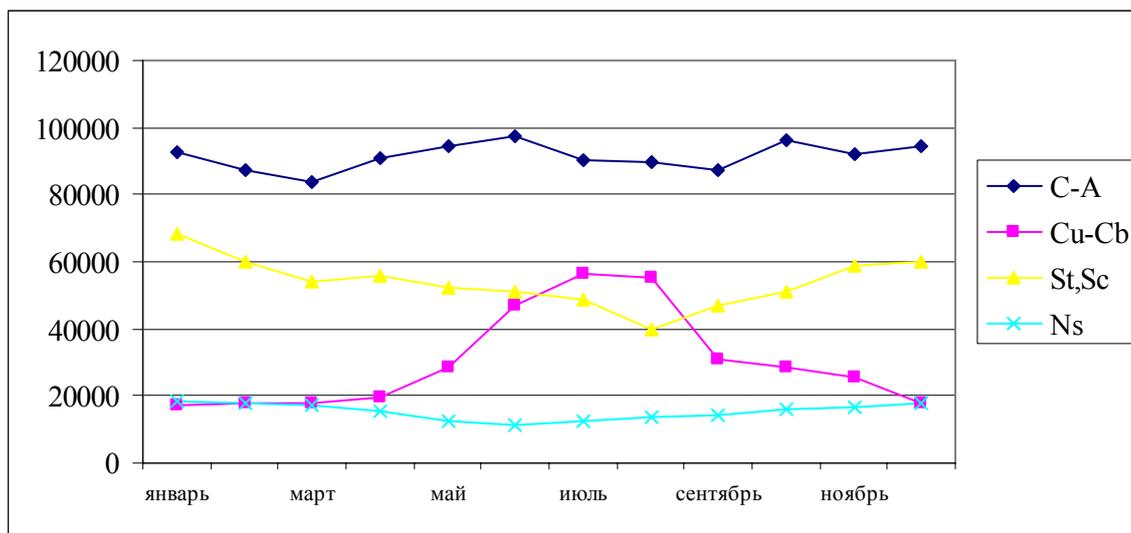


Рис. 5. Годовой ход среднемесячных площадей облачности за 2000-2004 гг.

Оценка взаимозаменяемости площадей облачности по данным МСЗ, МРЛ и МС. Для определения возможности взаимозаменяемости данных по трем видам информации проанализирована повторяемость процентных совпадений площади облачности по космическим, радиолокационным и наземным данным.

Так, в переходные сезоны года повторяемость процентных совпадений площади облачности по космическим и наземным данным составляет 82-94 % (осенью ниже, чем весной). В зимний и летний периоды она несколько выше – 95-96 %.

Совпадение площадей облачности в процентном соотношении по данным МСЗ и МРЛ значительно ниже, чем по данным МСЗ и МС. Во все сезоны, кроме зимнего, она не превышает 60-76 %. Зимой – 80-83 %.

В 2001 г повторяемость процентных совпадений по месяцам распределяется подобным образом, но с небольшим увеличением значений: январь — 84 %, апрель — 70 %, июль — 71 %, октябрь — 63 %.

Рассматривая совпадение площадей облачности в процентном соотношении по данным МРЛ и МС по месяцам за 2000 г, можно заметить, что лучшее совпадение наблюдается в весенние (89-85 %) и летние месяцы (83-80 %), осенью повторяемость совпадений меньше – 78-71 %, в зимний период – 70-76 %. В 2001 г. просматривается такое распределение: зимние месяцы – 74-78 %, весенние – 85-90 %, летом – 79-85 % и осенью – 71-81 %.

Взаимозаменяемость данных МСЗ и МС возможна в течение всего года с достаточно высоким процентом совпадений, особенно в зимние и летние месяцы (96-95 %). Повторяемость процентных совпадений по информации МСЗ и МРЛ наименьшая (75-72 %), поэтому взаимозаменяемость этих данных не желательна. Процент совпадений данных МС и МРЛ достаточно велик и в весенние и летние (85 %) месяцы возможна их взаимозаменяемость.

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

1. При анализе спутниковой и радиолокационной информации отмечено, что повторяемость перистообразной облачности максимальна в течение всего года, так как эта облачность сохраняется продолжительное время даже после заполнения циклонических вихрей. Слоистообразная облачность наиболее часто наблюдается в зимний и осенний сезоны. Это связано с большой интенсивностью циклонической деятельности на территории Урала. Весенний и летний периоды характеризуются частой повторяемостью кучевообразных облаков, что объясняется увеличением вклада радиационно-термического фактора в это время. Низкая повторяемость слоисто-дождевой облачности регистрируется на протяжении всего года, наиболее часто она отмечается в зимний период.

2. Площадь, занимаемая перистообразной облачностью, максимальна (км²): январь – 92543, апрель – 91654, июль – 93217, октябрь – 96362. Слоистообразная облачность занимает максимальную площадь в январе (68542 км²), минимальную – в августе (39687 км²). Наиболее выражен годовой ход площадей кучевообразной облачности: максимум в – июле (56348 км²), минимум – в январе (16987 км²). Наименьшие площади занимает слоисто-дождевая облачность (км²): январь – 18632, апрель – 15234, июль – 12463, октябрь – 15872.

3. Наибольшие площади на территории Пермского края занимает перистообразная облачность, ее среднегодовая величина составляет 93452 км². На втором месте – слоистообразная облачность, чаще всего она встречается на северо-востоке и над центром Пермского края. Ее среднегодовая площадь имеет значение 56575 км². На юго-западе исследуемой территории преобладает кучевообразная облачность со среднегодовой площадью 28634 км². Наименьшие площади занимает слоисто-дождевая облачность, среднегодовая величина – 16387 км². Она характерна для юго-востока Пермского края.

4. По результатам анализа выявлено, что взаимозаменяемость данных МСЗ и МС возможна в течение всего года.

Комплексное исследование по информации МСЗ, МРЛ и МС по территории Пермского края проводилось впервые.