

Е.В. Волкова¹, А.В. Кухарский¹, Г.В. Санникова², И.Н. Павлов³

**ВАЛИДАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ДИАГНОЗА ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА,
ОСАДКОВ И ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ
ПО ДАННЫМ РАДИОМЕТРА SEVIRI С ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ
МЕТЕОСПУТНИКОВ СЕРИИ МЕТЕОСАТ MSG**

¹ Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», Москва;

² ОМП ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС», г. Курск;

³ Филиал ФГБУ «Северное УГМС» «Вологодский ЦГМС», г. Вологда

Введение

В ФГБУ «НИЦ «Планета» разработана и внедрена в оперативную практику автоматизированная технология диагноза параметров облачного покрова, осадков и опасных явлений погоды (ОЯП) для Европейской территории России (ЕТР) и Европы по данным радиометра SEVIRI с геостационарных метеоспутников серии Meteosat MSG (точка стояния экватор 0° в. д.) [1, 2]. Работа по созданию и валидации технологии выполнялась в рамках Плана научно-исследовательских и технологических работ Росгидромета «Развитие методов и технологий космического мониторинга и системы сбора данных с наблюдательной сети Росгидромета на базе Государственной территориально-распределенной системы приема, обработки, архивации и распространения информации с использованием существующих и перспективных космических аппаратов наблюдения Земли на полярных, геостационарных и высокоэллиптических орбитах» по заказу УГМАВ Росгидромета.

В основе технологии лежат оригинальные авторские методы автоматизированного порогового попиксельного дешифрирования и классификации спутниковой информации по косвенным признакам. Подробнее см. в [2].

На основе технологии создан и в 2017 г. внедрен в оперативную практику автоматизированный специализированный программный комплекс (АСПК) «SEVIRI-0-Europe» (ОИС № 2020662381). В процессе работы АСПК в автоматическом режиме обеспечивает:

- сбор необходимых для его работы данных (из соответствующих баз данных);
- предварительную подготовку спутниковой и прогностической информации;
- дешифрирование и классификацию параметров облачного покрова, осадков и ОЯП;
- расчет суточных, месячных и годовых сумм осадков;
- запись выходных продуктов в файлы и их передачу пользователям.

Результатом работы АСПК в режиме реального времени являются файлы-матрицы метеопараметров в точных значениях или кодах классов, а также растровые графические файлы (черно-белые или цветные обзорные (диагностические) карты) с исходным разрешением спутниковой информации для региона «Европа и ЕТР» ($\sim 15^\circ$ з. д. – $\sim 50^\circ$ в. д. и ~ 45 – 69° с. ш.) и с высоким пространственным разрешением на регулярной сетке (с шагом $1,25' = 0,02^\circ$ по широте и $1,5' = 0,025^\circ$ по долготе) для региона «ЕТР и сопредельные страны» ($42,0$ – $63,0^\circ$ с. ш., $20,0$ – $51,25^\circ$ в. д.).

Время компьютерной обработки одного срока спутникового наблюдения, включая все стадии работы АСПК, не превышает 0,5 мин (в зависимости от параметров ПЭВМ). В результате на карте отображена синоптическая ситуация, фактически существовавшая 6–8 мин назад. Высокая периодичность обновления карт (каждые 15 мин), а также возможность обзора большого количества метеопараметров для достаточно протяженной территории, в т. ч. с помощью слайд-шоу, позволяет дежурному синоптику анализировать динамику развития синоптической ситуации и атмосферных процессов за последние несколько часов и выдавать оперативный краткосрочный локальный и/или региональный прогноз их дальнейшего развития.

1. Авторское испытание технологии

Авторские испытания технологии проводились на материале архива синхронных спутниковых и наземных на метеостанциях (МС) наблюдений (балл общей облачности, погода в срок наблюдения, в последний час и между сроками, суточное количество осадков) и грозопеленгационной системы (ГПС) Московского региона (за 2017–2019 гг.). Также использовались климатические оценки метеопараметров для рассматриваемой территории. Результаты валидации показали [1, 2], что выходные продукты АСПК хорошо согласуются с данными наземных метеонаблюдений и климатическими значениями с учетом ежегодных аномалий (по данным Всемирной метеорологической организации и Росгидромета). Подавляющее большинство макро- и микрофизических параметров облачности, а также осадки и ОЯП детектируется АСПК в зависимости от метеопараметра, сезона, времени суток, региона и др. в 70–90 % случаев с точностью ± 1 класс/градация и в 80–99 % случаев с точностью ± 2 класс/градация. Грубых ошибок, т. е. когда ошибочно детектируются

диаметрально противоположные классы/градации метеопараметра, выявлено не было. Точность детектирования может немного (обычно на ± 1 класс/градация) падать для оптически тонкой и многослойной облачности, над водоемами с большой амплитудой температур относительно суши, при наличии температурной инверсии и в горах, а также при больших углах спутникового визирования. На качество классификации также влияет точность используемой прогностической информации.

2. Независимые испытания технологии

Независимые испытания карт спутникового диагноза некоторых параметров облачности, осадков и ОЯП были проведены в Центрально-Черноземном УГМС и Вологодском ЦГМС в ручном режиме в соответствии с Наставлением [4], Методическими указаниями [3] и методическими рекомендациями авторов методики на примере архива синхронных спутниковых и наземных наблюдений с июня 2019 г. по май 2020 г.

В «Вологодском» ЦГМС испытания проводились «по пункту» (МС Вологда), а в Центрально-Черноземном УГМС – «по пункту» (шесть МС: Курск, Курчатов, Железногорск, Обоянь, Тим, Рыльск) и «по территории» (Курская область) с использованием карт высокого разрешения (регион «ЕТР и сопредельные страны») с нанесенными на них местоположениями МС с окрестностями. Испытания проводились для двух стандартных сроков метеонаблюдений: 0 и 12 ч ВСВ, им соответствуют спутниковые сроки 23:45 (предыдущий день) и 11:45 ч ВСВ (текущий день). Оценивалось качество детектирования: зон осадков (факт наличия осадков любой интенсивности и фазы), интенсивности осадков, типа осадков у поверхности земли, типа облачности, грозы (факт наличия грозы над МС и в окрестностях) и града (факт наличия града в облаках и возможного выпадения на поверхность земли). Подробнее процедуру валидации см. в [2].

2.1. Центрально-Черноземное УГМС

1) При детектировании **зон осадков** средняя за год успешность спутниковой методики по территории Курской области составляет 91,5 % (ночью – 91,9 %, днем – 90,9 %). Она зависит от сезона: самые низкие значения (89,2 %) – зимой, самые высокие (93,2 %) – летом. Изменчивость дневных и ночных значений успешности относительно средних за сутки значений см. на рис. 1. Амплитуда от минимальной до максимальной успешности детектирования для большинства МС составляет 11,1–14,5 % в зависимости от времени суток и сезона. По большинству МС самые низкие значения успешности за месяц отмечались

в холодный период года: на МС Курск – днем в декабре (84,5 %), на МС Железногорск – ночью в декабре (83,9 %), а на всех остальных МС – днем в октябре 82,8–86,2 %.

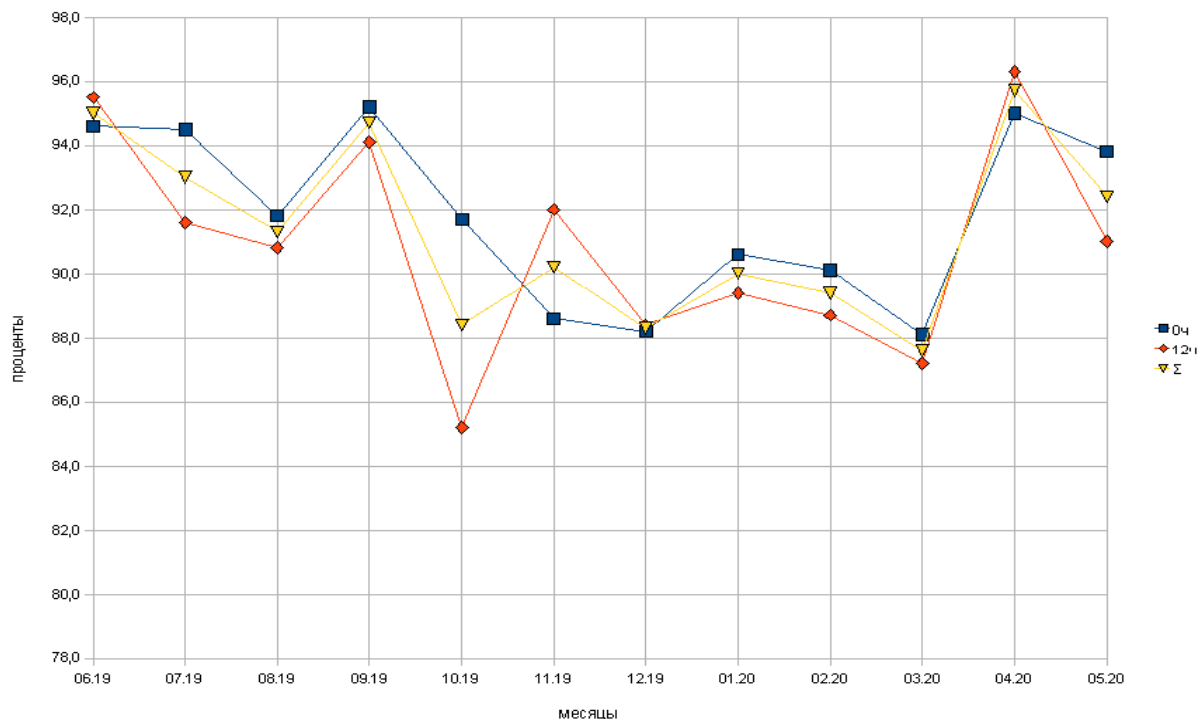


Рис. 1. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования зон осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки «по территории» Курской области.

Максимальные значения успешности на большинстве МС отмечены в дневные часы в теплое время года (в апреле и июне 96,7–97,5 %), на МС Тим и Рыльск – в ночные часы в сентябре и августе (96,7–97,3 %). Такое распределение успешности по сезонам обусловлено, возможно, завышением методикой вероятности выпадения осадков в холодный период года из плотных слоистообразных облаков при достаточно сухом приземном слое воздуха, когда слабые осадки испаряются, не долетая до поверхности земли, или преувеличением возможности к осадкообразованию облаков, состоящих, в основном, из твердых фракций воды. В октябре 2019 г. (когда отмечалась самая низкая успешность детектирования зон осадков по региону), за исключением первой декады, в Курской области преобладал антициклональный характер погоды, в третьей декаде было больше дней с туманами и низкими слоистыми облаками.

2) Успешность детектирования *интенсивности осадков* спутниковой методикой сопоставима с успешностью детектирования зон осадков и в среднем за год составляет 90,9 % (91,4 % ночью и 90,4 % днем). На рис. 2 представлена изменчивость дневных и ночных среднемесячных значений успешности относительно средних за сутки значений.

Чаще всего ошибка детектирования по отдельной МС в конкретный срок была связана с осадками небольшой интенсивности или их отсутствием, но встречались и другие случаи. Например, ночью 01.06.2019 г. по Курской области на атмосферном фронте с волнами прошли умеренные и сильные дожди с грозами (8–36 мм/12ч): оправдываемость диагноза зон осадков составила 75–100 % (100 % только на МС Рыльск); интенсивности осадков – 0–100 % (100 % только на МС Рыльск – 36 мм/12ч); типа осадков – 0–75 %; наличия гроз – все станции на 0 %, кроме МС Железнодорожск (100 %). Детектирование интенсивности осадков для дождя, в целом, показало несколько более высокий результат, чем для снега или смешанных осадков. Успешность для интенсивности осадков летом составила 92,7 % (92,9 % ночью и 92,4 % днем), осенью и весной – 90,7–91,4 % (91,5–91,8 % ночью и 89,8–90,4 % днем), зимой – 88,9 % (89,6 % ночью и 88,5 % днем).

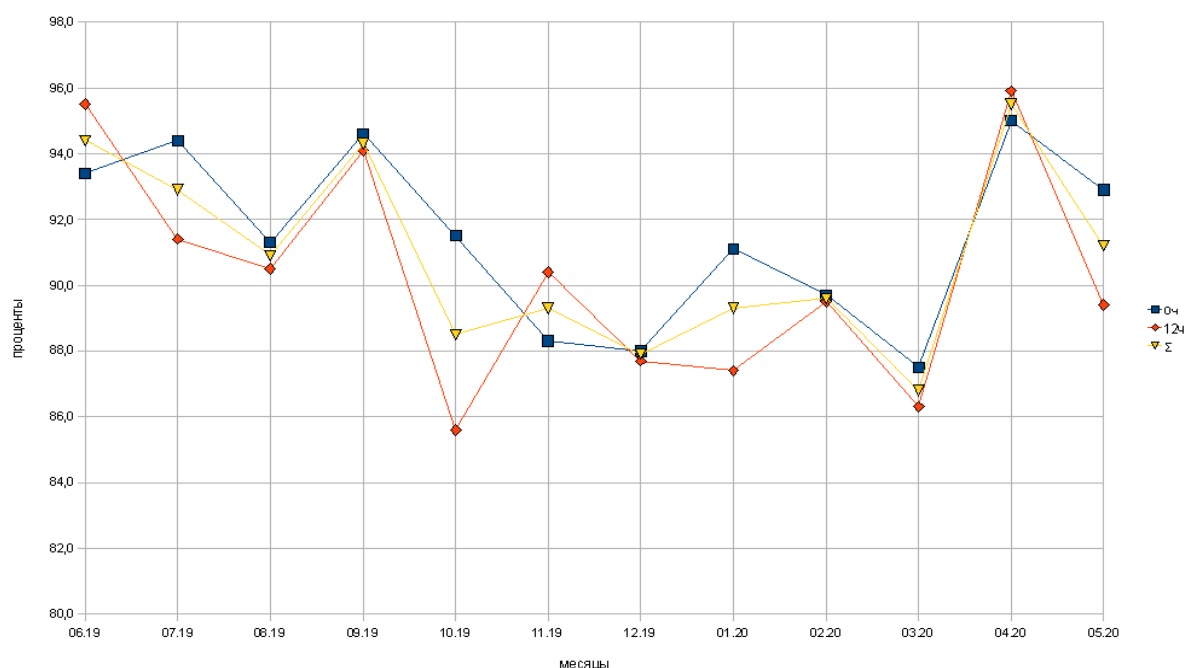


Рис. 2. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования интенсивности осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки «по территории» Курской области.

3) Для *типа осадков* в среднем за год успешность ниже, чем для интенсивности. Так, если при определении интенсивности осадков успешность редко опускается ниже 88 %, то при определении типа осадков она может быть и ниже 80 %, например днем в январе 2020 г. (см. рис. 3). Это можно было бы объяснить довольно коротким световым днем в январе, что могло привести к ошибкам визуальной оценки, но успешность в январе ночью была выше дневной успешности (84,7 и 78,7 % соответственно). По данным МС Курск, наблюдатель в январе 2020 г. чаще фиксировал осадки ливневого характера (хотя и небольшой

интенсивности): в сроки 00 и 12 ч (ВСВ) было лишь 4 случая выпадения обложных осадков. Возможно, расхождения в оценке характера выпадающих осадков связаны с тем, что зимой это обычно вынужденная конвекция, которая может наблюдаться в довольно небольшом слое приземного воздуха, в то время как сверху могут располагаться плотные слоистые или перистые облака. В январе 2020 г. над Черноземьем преобладал циклонический характер погоды с быстрой и частой сменой воздушных масс на фоне значительно повышенного температурного режима.

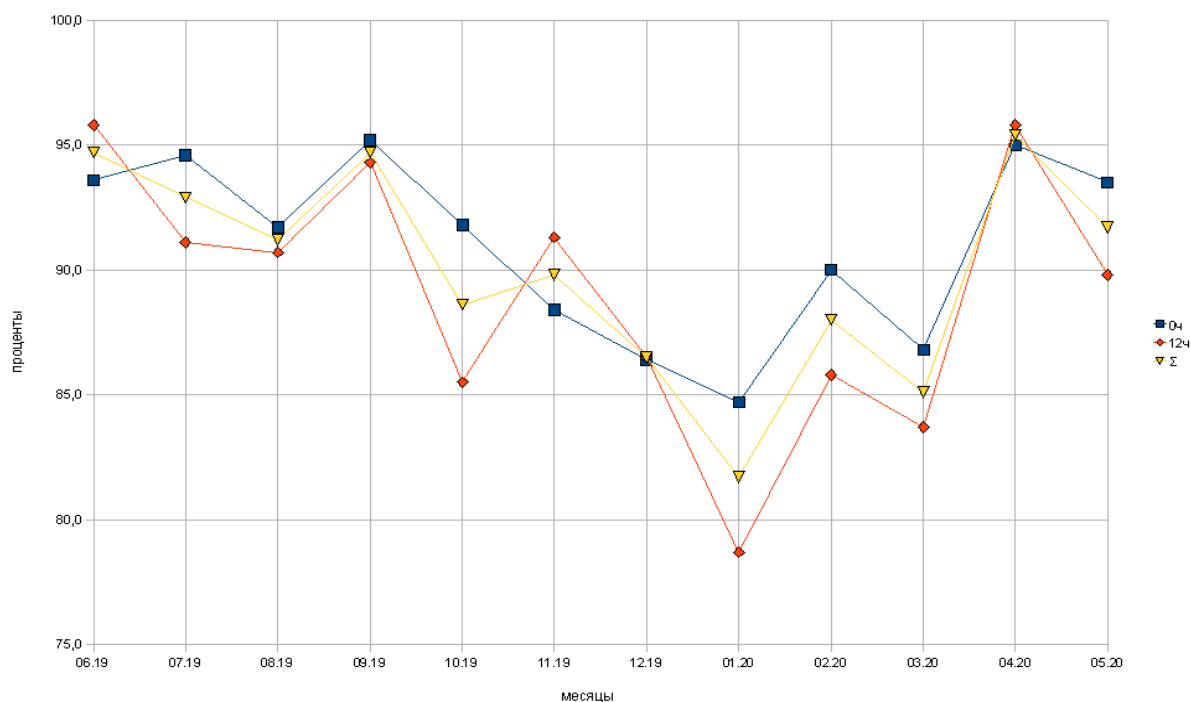


Рис. 3. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования типа осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки «по территории» Курской области.

Самая высокая успешность детектирования типа осадков отмечалась в теплом сезоне в переходные месяцы – апрель 2020 г. и сентябрь 2019 г. (95,4 и 94,7 % соответственно). Это было связано, скорее, с преобладанием антициклонального характера погоды в указанные месяцы (на МС Курск выпало 27 и 38 мм осадков соответственно, или 64 и 75 % месячной нормы), а значит, с отсутствием осадков в большинстве дней месяца. Кроме того, в подавляющем большинстве случаев в соответствующие сроки (00 и 12 ч) наблюдатель на МС Курск в сентябре и апреле отмечал осадки ливневого характера, то есть, в целом, технологией лучше диагностируются конвективные осадки, что связано с большей вертикальной протяженностью осадкообразующих облаков и, соответственно, с большей их «узнаваемостью» на спутниковых изображениях. Анализ успешности детектирования типа осадков по отдельным МС выявил наименьшую сопоставимость типа визуально

зафиксированных осадков с детектируемыми на МС Железнодорожск (см. рис. 4–6). По данным пространственного контроля, проводимого в отделе метеорологии ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС», за 2019 г. на МС Железнодорожск в целом занижено число дней и продолжительность ливневых осадков, соответственно — завышена повторяемость обложных осадков, по сравнению с остальными МС, что может говорить о случаях ошибочного определения типа осадков наблюдателем.

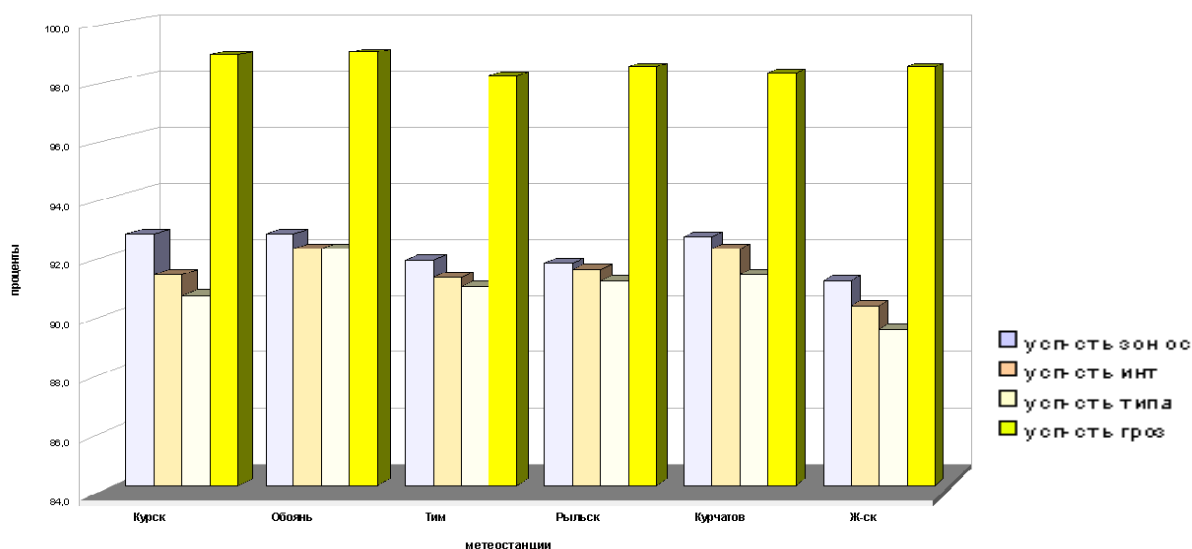


Рис. 4. Средняя за год успешность детектирования зон осадков, их интенсивности и типа, а также зон гроз спутниковой технологией для отдельных МС Курской области в ночное время (0 ч ВСВ).

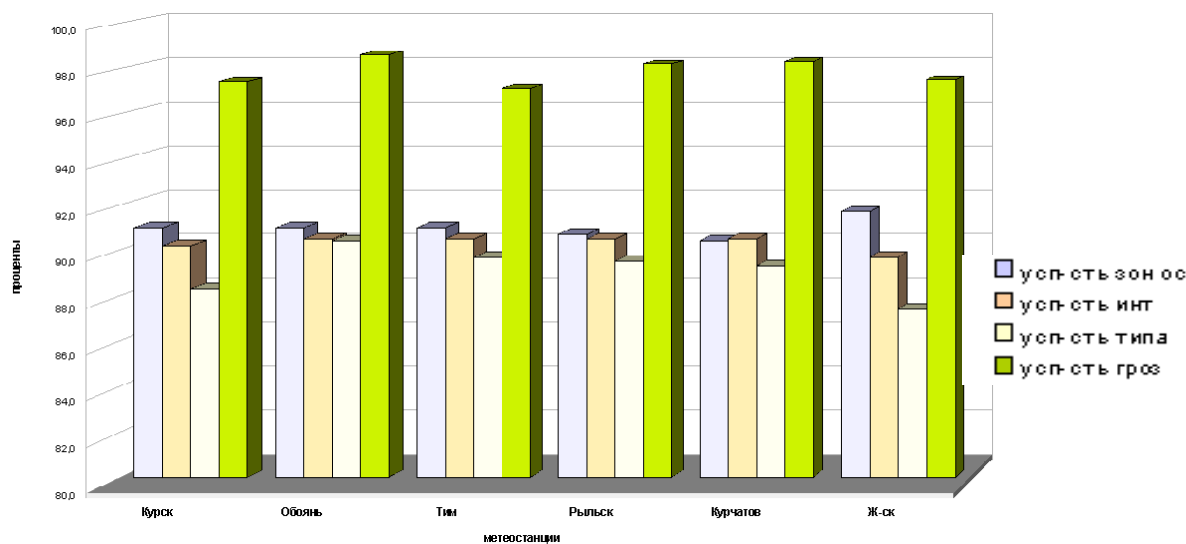


Рис. 5. Средняя за год успешность детектирования зон осадков, их интенсивности и типа, а также зон гроз спутниковой технологией для отдельных МС Курской области в дневное время (12 ч ВСВ).

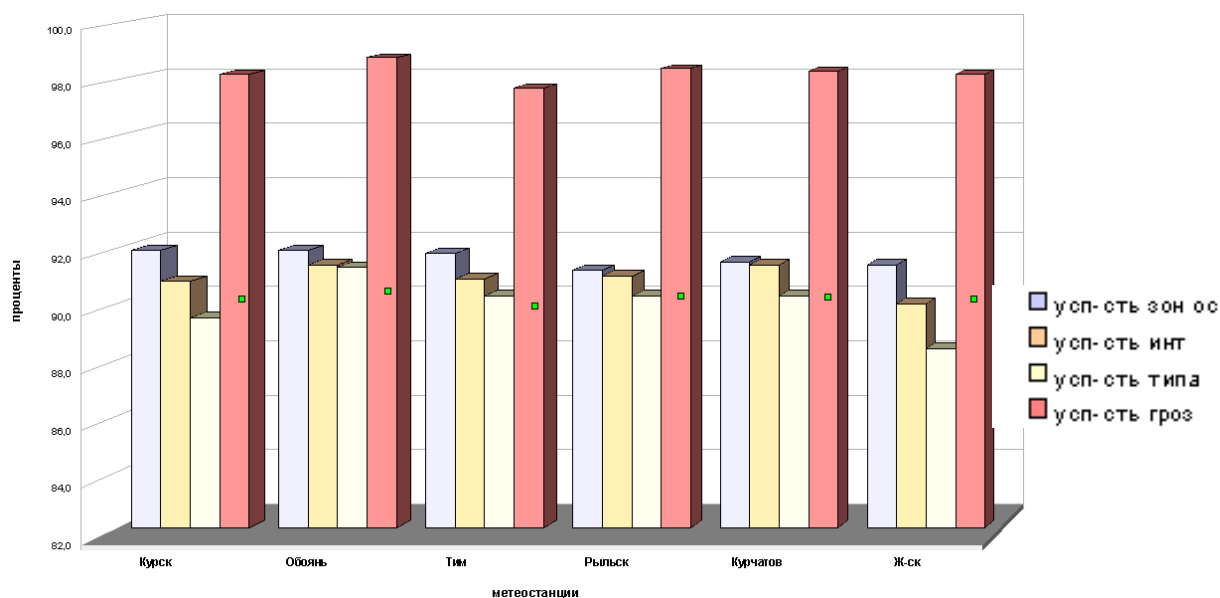


Рис. 6. Средняя за год успешность детектирования зон осадков, их интенсивности и типа, а также зон гроз спутниковой технологией для отдельных МС Курской области в среднем за сутки.

4) Успешность детектирования *зон гроз* спутниковой технологией в среднем за год составляет 98,2 %: в холодный период года (при фактическом и диагностируемом отсутствии гроз) она составляет 100 % (январь, февраль, март), в теплый падает до 95,4 % (см. рис. 7). В октябре, ноябре и декабре 2019 г. (при отсутствии фактических гроз на МС Курской области) успешность их детектирования колеблется от 99,3 до 100 % по полусуткам, т. е. иногда методика обработки спутниковых данных выдает завышенную вероятность наличия гроз.

В дневное время точность немного ниже, чем в ночное, это особенно заметно в июле 2019 г. и в мае 2020 г. (соответственно, 95,7 и 98,3 % в июле и 93 и 96,8 % в мае). Если в июле 2019 г. ошибка, вероятно, была связана с локализацией гроз (по региону УГМС отмечено 24 дня с грозами, в то время как по Курской области – только 14 дней, причем не всегда грозы были на большинстве МС), то в мае 2020 г. – со значительно пониженным температурным режимом по сравнению с нормой (на 2–3 градуса), когда при преобладающем циклоническом характере погоды (на МС Курск выпало 186 % нормы осадков за месяц) грозы по области реализовывались только в течение 9 дней. В июне и августе 2019 г. дневная и ночная успешность детектирования гроз была практически одинакова (колебалась от 93,0 и 93,3 % в июне до 95,7 и 95,4 % в августе), что связано, вероятно, с преобладанием сухой погоды в эти периоды времени и небольшим числом гроз;

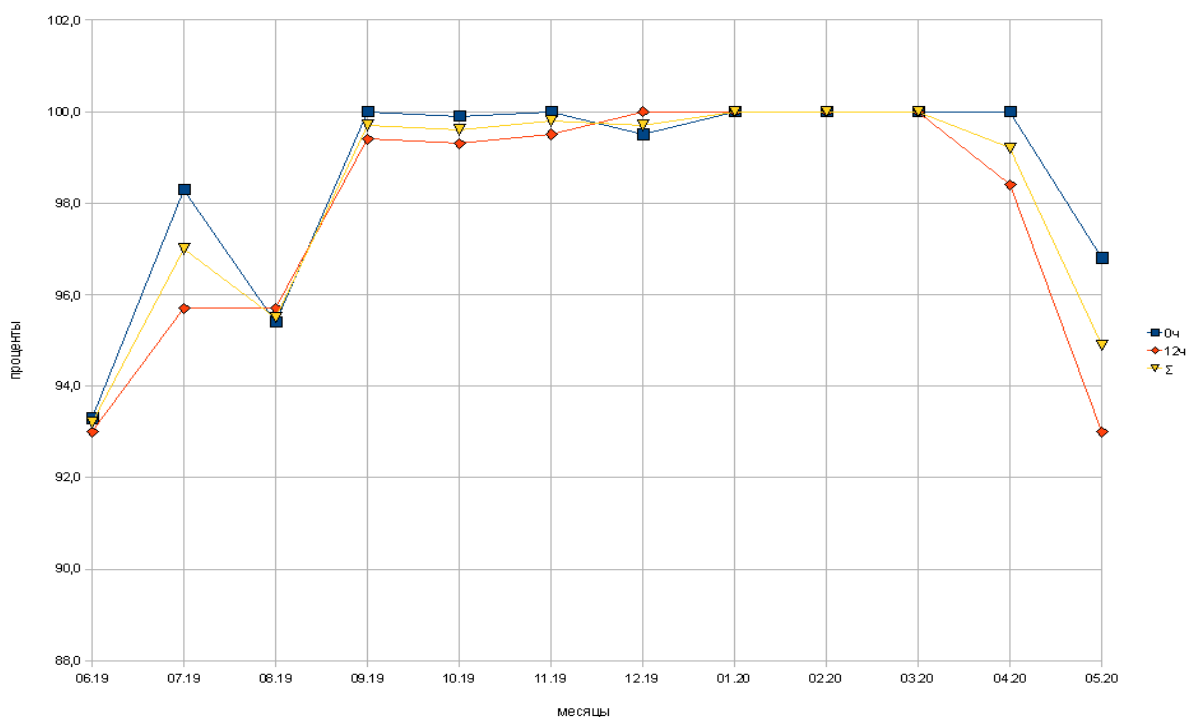


Рис. 7. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования зон гроз спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки «по территории» Курской области.

В целом, успешность спутниковой методики по всем валидируемым метеоявлениям (4 метеопараметра) за год составляет 92,7 % (ночью – 93,2 %, днем – 92,1 %). В летние и переходные месяцы она колеблется от 92,9 до 93,6 % (ночью – 93,8–93,9 %, днем – 92,2–93,3 %), зимой составляет 90,7 % (91,5 % ночью и 90,2 % днем), несмотря на практически 100%-ную успешность детектирования одной из составляющих – зон гроз в холодном сезоне (ввиду их отсутствия). При этом стоит учесть, что зима 2019–2020 гг. в Курской области была аномально теплой, снежный покров с декабря по февраль часто образовывался и вновь таял, что способствовало образованию туманов, а при их рассеивании у поверхности земли – формированию плотных слоистых облаков. Возможно, этот фактор сыграл одну из решающих ролей в ошибках детектирования метеоявлений, характерных для описываемого холодного периода.

Несмотря на описанные выше недочеты, в целом использование спутниковых карт для анализа текущей погоды показало удовлетворительные результаты. Они могут быть рекомендованы в качестве дополнения к другим видам наблюдений за погодой для региона «ЕТР и сопредельные страны». Как преимущество можно оценить возможность просмотра анимации за несколько последних сроков, что позволяет синоптику быстро оценить тренд развития конвективных явлений.

2.2. ФГБУ «Вологодский ЦГМС»

1) Средняя за год успешность детектирования *зон осадков* спутниковой методикой по МС Вологда и ее окрестностям составляет 92,7 %. Она значимо (при $p < 0,05$) не зависит ни от времени суток, ни от сезона (рис. 8). Самые низкие значения успешности отмечались в период с октября по декабрь (~90 %), наиболее высокие – в июне (95,1 %). В целом, успешность детектирования зон осадков значимо выше при отсутствии осадков, чем при их наличии (табл. 1). Успешность детектирования зон осадков достаточно сильно зависит от типа осадков: наибольшие значения успешности отмечаются при смешанных осадках, наименьшие – при твердых (табл. 2).

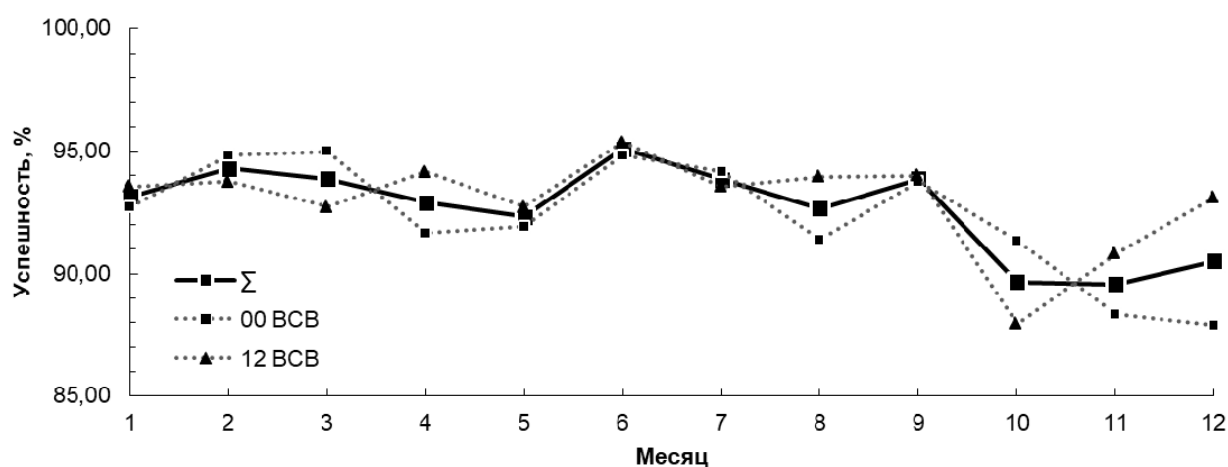


Рис. 8. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования зон осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

Таблица 1

Средняя за год успешность спутниковой методики при детектировании зон с осадками, а также без осадков при наличии и отсутствии облачности по МС Вологда

Класс по спутниковым наблюдениям	Успешность, %	Н сроков
Осадки	89,5	372
Облачно/без осадков	95,8	252
Безоблачно	97,3	75

Средняя за год успешность спутниковой методики по детектированию зон осадков
в зависимости от типа осадков по МС Вологда

Класс по наземным наблюдениям	Успешность, %	Н сроков
Жидкие осадки	96,7	137
Смешанные осадки	99,2	33
Твердые осадки	91,9	92

2) Успешность детектирования *интенсивности осадков* спутниковой методикой в среднем за год составляет 89,0 %. Она существенно не зависит от времени суток (ночью – 88,1 %, днем – 89,9 %). Успешность в зависимости от сезона значительно отличается только между зимой и летом, весной и осенью, а также летом и осенью. Аналогичных значимых различий между зимой, осенью и весной не обнаружилось, так же отсутствуют значимые различия между весной и летом (рис. 9). Самые низкие значения успешности отмечались в октябре (82,1 %), наиболее высокие – в июне (94,2 %).

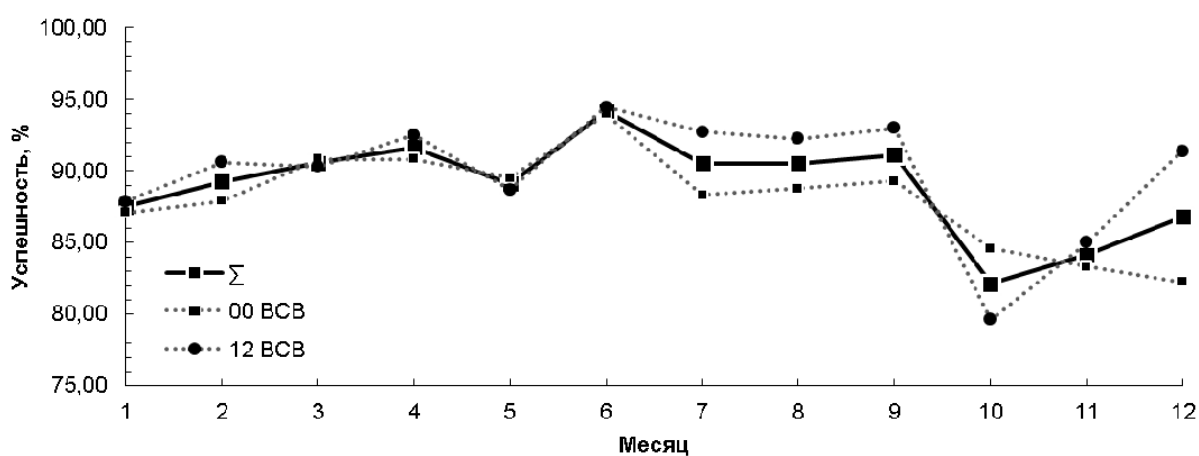


Рис. 9. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования интенсивности осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

Успешность детектирования интенсивности осадков зависит от их типа (табл. 3): самые высокие значения отмечаются при смешанных осадках, самые низкие – при твердых. Также она зависит и от интенсивности осадков (табл. 4): при отсутствии осадков она значительно выше, чем во всех остальных случаях, кроме случаев с твердыми слабыми осадками. Успешность

детектирования соседних по интенсивности классов жидких осадков значимо не отличается друг от друга, существенны различия лишь между жидкими слабыми и жидкими сильными осадками. В то же время успешность детектирования твердых осадков значимо отличается даже для соседних по интенсивности классов.

Таблица 3

Средняя за год успешность спутниковой методики по детектированию интенсивности осадков в зависимости от типа осадков по МС Вологда

Класс по наземным наблюдениям	Успешность, %	Н сроков
Жидкие осадки	87,4	137
Смешанные осадки	90,2	33
Твердые осадки	82,6	92

Таблица 4

Средняя за год успешность спутниковой методики по детектированию интенсивности осадков в зависимости от типа осадков по МС Вологда

Класс по спутниковым наблюдениям	Успешность, %	Н сроков
Без осадков	96,4	321
Жидкие слабые	83,8	188
Жидкие умеренные	83,9	59
Жидкие сильные	76,2	21
Твердые слабые	91,7	45
Твердые умеренные	78,9	52
Твердые сильные	67,3	13

3) Успешность детектирования *типа осадков* спутниковой методикой в среднем за год составляет 92,0 % (выше, чем успешность детектирования интенсивности осадков). Она практически не зависит от времени суток (ночью – 91,6 %, днем – 92,3 %). Статистически значимая разница в значениях успешности отмечена только между летом и осенью, а между другими сезонами существенных различий не обнаружено (рис. 10). Самые низкие значения успешности отмечались в ноябре и декабре (~88 %), наиболее высокие – в июне (95,1 %). Сравнительно низкая успешность детектирования типа осадков наблюдалась в холодный период года и, возможно, объясняется аномально высокой температурой воздуха, отмечавшейся в зимний период 2019–2020 гг. Среднесуточная температура, близкая к нулю градусов, привела к частому выпадению смешанных осадков, а также частому и порой

резкому переходу от жидких к твердым осадкам и наоборот, что могло затруднять их детектирование. Лучше всего распознавались смешанные осадки – 95,5 %. Успешность детектирования жидких осадков составила 93,3 %, твердых — 92,7 %, однако различия между этими группами статистически незначимы.

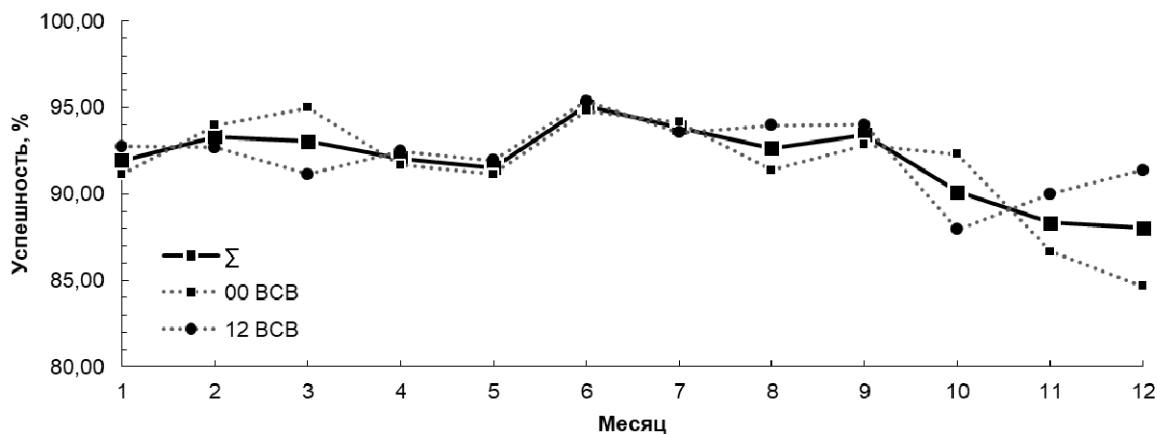


Рис. 10. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования типа осадков спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

4) Успешность детектирования *типа облачности* спутниковой методикой составляет 82,6 %. Она значимо зависит от времени суток (ночью – 80,5 %, днем – 84,6 %). Статистически значимая разница в успешности отмечена только между летом и осенью, между другими сезонами существенных различий в успешности не обнаружено (рис. 11). Самые низкие значения успешности отмечались в ноябре (74,6 %), наиболее высокие – в июне (91,4 %).

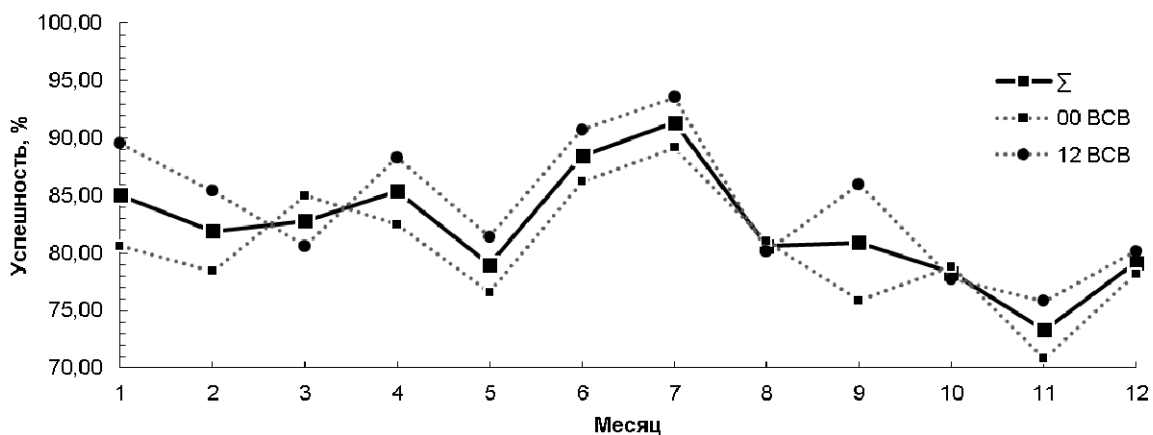


Рис. 11. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования типа облачности спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

Анализ успешности классифицирования различных типов облачности (табл. 5) показал, что лучше всего распознаются облачные классы «Cu, Sc» (кучевообразные) и «Ns, Cb» (включает в себя слоисто-дождевые (Ns), слоистые разорванные (St fr.), разорванно-дождевые (Fr nb), кучевые разорванные облака плохой погоды (Cu fr.), кучево-дождевые плоские (Cb hum.) и кучевые мощные (Cu cong.) в стадии распада), а также класс отсутствия облачности. Хуже всего классифицируются классы «Cb+Ci» (облака верхнего яруса над кучево-дождевыми облаками) и «Cs+As+Ns» (многослойная преимущественно слоистообразная: верхняя облачность над нижней и/или средней облачностью). Количество случаев с классами «Ci,Cs» (перистая), «Cb inc» (мощные кучево-дождевые в стадии начала распада), «Cb cap» (мощные кучево-дождевые в стадии максимального развития) и «Ac, As+Ci» (многослойная: перистые над облачностью среднего яруса) было слишком мало для адекватной оценки. Сравнительно низкая успешность классифицирования классов многослойной облачности может быть объяснена тем, что при наблюдении на станции идентификация облачности верхнего и среднего яруса может быть затруднена при наличии плотной облачности нижнего яруса.

Таблица 5

**Средняя за год успешность спутниковой методики при детектировании
типа облачности по МС Вологда**

Класс по спутниковым наблюдениям	Успешность, %	Н сроков
Ясно	95,0	109
Ci, Cs	100,0	3
Cu, Sc	95,3	134
Cb inc	87,5	2
Cb calv	72,1	17
Ns, Cb	91,3	60
Cb cap	55,0	10
Cb+Ci	66,6	83
Ac	84,3	81
As	80,4	28
Cu,Ns, Cb+As	71,4	90
Ac, As+Ci	75,0	1
St	77,2	23
Cs+As+Ns	67,7	55

5) Успешность спутниковой технологии для *зон гроз* в среднем за год составляет 99,2 %: 100 % в холодный период года, в теплый падает до 97,0 %; в дневное время точность методики немного ниже, чем в ночное, однако эти различия не существенны (рис. 12). В холодный период года и в ночное время успешность спутниковой методики получается выше, чем летом и днем, так как при ее расчете помимо случаев наличия грозы рассматривались и случаи ее отсутствия. Таким образом, проведенная валидация показывает, что методика не переоценивает грозовые облака в неблагоприятные для ее развития периоды времени.

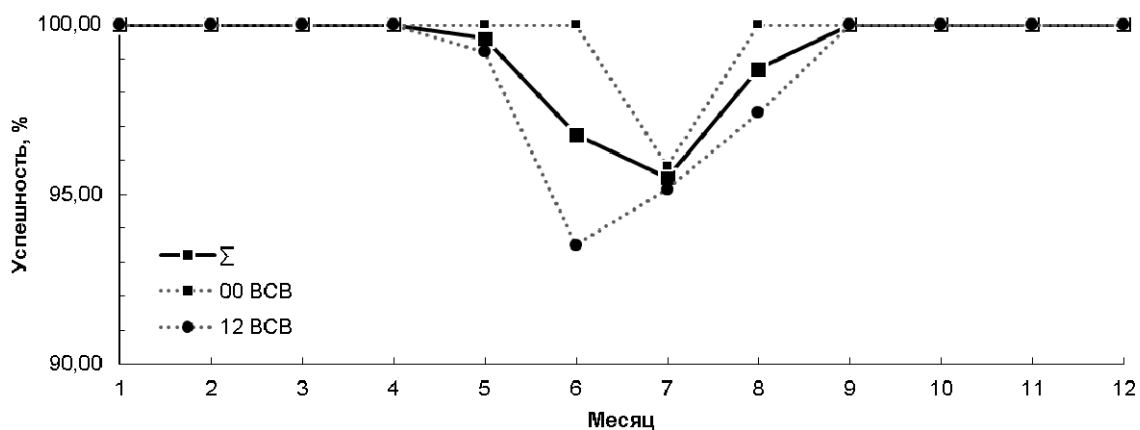


Рис. 12. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования зон гроз спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

6) Средняя успешность для *зон града в облаках и у земли* составляет 99,6 %: в холодный период года 100 %, в теплый падает до 98,7 %; в дневное время точность немного ниже, чем в ночное (рис. 13). Более высокие значения успешности в ночное время в теплый период года, а также зимой объясняются следующим. Град в облаках летом ночью и в холодный период образуется значительно реже, чем летом днем. А так как при расчете успешности спутниковой методики учитываются также и случаи отсутствия града, то получается, что спутниковая методика не завышает значимо количество и размеры градоносных облаков в условиях, неблагоприятных для его образования.

В среднем за год успешность спутниковой методики по всем валидируемым метеоявлениям (6 метеопараметров) составляет 92,4 % (92,0 % ночью и 92,9 % днем). Успешность спутниковой методики существенно не зависит от времени суток во все сезоны, кроме зимы. В период с декабря по февраль успешность диагноза была значимо выше днем, чем ночью. Для разных сезонов значения успешности значимо различаются только между летом и осенью, в остальных случаях различия не существенны.

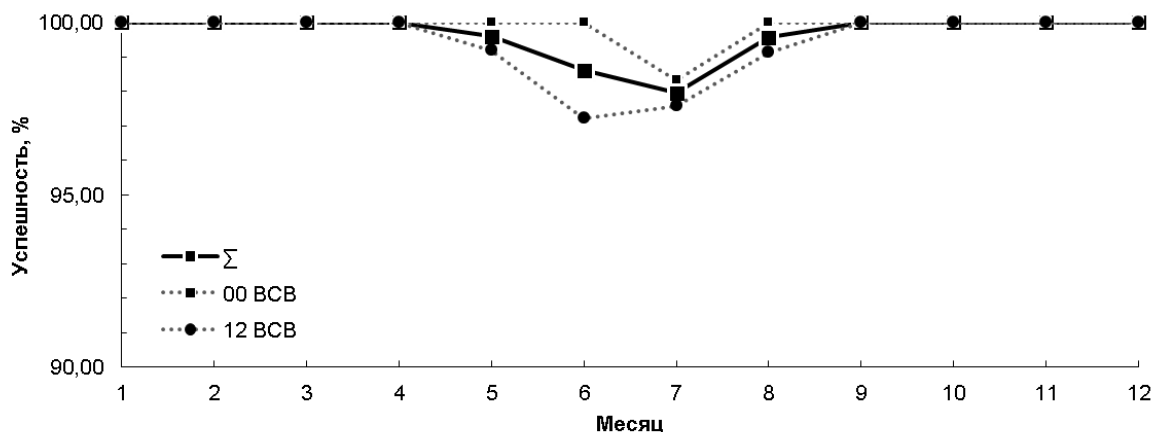


Рис. 13. Годовой ход средних за месяц значений успешности детектирования зон града в облаках и у земли спутниковой технологией отдельно для дня (12 ч ВСВ) и ночи (0 ч ВСВ) и суммарно за сутки по МС Вологда.

В целом, использование спутниковых карт для анализа текущей погоды показало хорошие результаты на протяжении всего года. Они позволяют получить обзорное представление о наличии, типе и интенсивности осадков, типе облачности и развитии конвективных явлений на всей территории Вологодской области за исключением северо-восточных районов. Возможность просмотра анимации позволяет оперативно отслеживать динамику атмосферных процессов, что представляет очевидную ценность для наукастинга и составления штормовых предупреждений.

Ограничение использования спутниковых карт связано с тем, что территория Вологодской области расположена на границе зоны «спутниковой» видимости, что не позволяет получать информацию о состоянии атмосферы при перемещении воздушных масс с северных и восточных направлений. Пространственное разрешение спутниковой методики по детектированию зон конвективных явлений уступает данным ДМРЛ-С, однако при отсутствии данных радарных наблюдений спутниковые карты могут использоваться в качестве альтернативы удовлетворительного качества.

Заключение

Учитывая удовлетворительные результаты испытаний спутниковой методики, Центральная методическая комиссия по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета решением от 6.11.2020 г. рекомендовала:

– внедрить автоматизированную технологию диагноза параметров облачного покрова, осадков и ОЯП для ЕТР по данным радиометра SEVIRI/Meteosat в оперативную работу ФГБУ «НИЦ «Планета»;

– внедрить выходную продукцию технологии в оперативную работу ОМП ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» в качестве вспомогательного материала в теплый период года и в качестве консультативного материала – в холодный период года;

– внедрить выходную продукцию технологии в оперативную работу ОМП Филиала ФГБУ «Северное УГМС» «Вологодский ЦГМС» в качестве вспомогательного метода карты зон и типа осадков для всех сезонов года, карты интенсивности осадков, зон гроз и града для весенне-летнего периода, в качестве консультативного метода – карты интенсивности осадков для осенне-зимнего периода и карты типа облачности для всех сезонов года.

Список литературы

1. Волкова Е.В., Кухарский А.В. Специализированный программный комплекс получения оценок параметров облачности и осадков по данным радиометра SEVIRI с геостационарного метеоспутника Meteosat (0° в. д.) для Европейской территории России и Европы // Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли – RORSE 2018 (Электронный сборник статей 16-й конференции, 12-16 ноября 2018 г., Москва, Россия). – С. 248-255. DOI 10.21046/rorse 2018.248.

2. Волкова Е.В., Кухарский А.В. Автоматизированная технология диагноза параметров облачного покрова, осадков и опасных явлений погоды для Европейской территории России по данным радиометра SEVIRI с геостационарных метеоспутников серии Meteosat MSG // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 4 (378). – С. 43-62. DOI 10.37162/2618-9631-2020-4-43-62.

3. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиографических прогнозов. – 151 с.

4. РД 52.27.724-2019. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. – 66 с.