

Успешность прогнозов температуры воздуха КП 68 (УГМС),  
прогностических технологий РЭП (ГМЦ РФ), COMPLEX (СибНИГМИ)  
по территориальным центрам Урало-Сибирского региона

В начале 2015 года от ряда управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) Урало-Сибирского региона и Якутии поступили заявки о доработке, разработанной в ФГБУ «СибНИГМИ» прогностической технологии COMPLEX, с целью распространения результатов прогнозов температуры воздуха и классов пожарной опасности с заблаговременностью 12-84 часа на их зоны ответственности. Технология была разработана в СибНИГМИ в рамках НИР Росгидромета в 2011-2013 гг. и внедрена на территории Западно-Сибирского УГМС в 2015 г. Все программные блоки технологической линии расчетов прогнозов, их оценок и доведения продукции до потребителей установлены в вычислительном центре ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» (г. Новосибирск), как Регионального Центра ВМО.

Анализ сравнительной оценки прогнозов температуры воздуха технологий РЭП и COMPLEX с прогнозами УГМС в коде КП 68 за период май-октябрь 2015 года проведен не только в целях определения успешности этих прогнозов, но и для выявления возможных рекомендаций по повышению их точности.

КП 68 – метеорологический код, предназначенный для передачи в кодированной форме оперативных прогнозов погоды по административным центрам субъектов Российской Федерации.

РЭП - прогностическая технология, основанная на реализации программно-технологического комплекса адаптивной статистической модели среднесрочного прогноза и использования статистической интерпретации результатов интегрирования гидродинамических моделей атмосферы ECMWF (Reding) и UKMO (Exeter) (ГМЦ России, П.П. Васильев).

COMPLEX - автоматизированная технология прогнозирования метеоэлементов методом комплексации результатов интерпретации по трем моделям: COSMO, UKMO, ПЛ АВ (ФГБУ «СибНИГМИ», М.Я. Здерева)

Проанализирована успешность прогнозов по 19 территориальным центрам УГМС Урало-Сибирского региона: Екатеринбург, Пермь, Челябинск, Курган, Ханты-Мансийск, Тюмень, Омск, Томск, Кемерово, Новосибирск, Барнаул, Сары-Озек (Горно-Алтайск), Красноярск, Абакан, Кызыл, Иркутск, Чита, Улан-Удэ, Якутск. Была проанализирована успешность прогнозов КП и РЭП с заблаговременностью 24,

48 и 72 часа (мах и мин), а прогнозов COMPLEX с заблаговременностью 24, 48, 72 часа (мин), с заблаговременностью 36, 60, 84 часа (мах). Оправдываемость прогнозов по коду КП 68 (УГМС) и РЭП (ГМЦ РФ) была взята с сайта «Методический кабинет» ФГБУ «Гидрометцентр России» (<http://meteoinfo.ru/>), где она публикуется ежемесячно; оправдываемость прогнозов COMPLEX – с технологического сайта ФГБУ «СибНИГМИ» по IP-адресу <ftp://nsk.meteorf.ru:2121/incoming/COMPLEX/TEMPER/00/>.

Анализ успешности прогнозов был проведен по оправдываемости, средней систематической (арифметической) и средней абсолютной ошибкам. Прогнозы экстремальной температуры воздуха по модели COMPLEX рассчитывались ежедневно, поэтому количество их на 2-3 сутки не всегда соответствует количеству прогнозов по КП 68 и РЭП. Отсюда следует, что сравнение оправдываемости прогнозов COMPLEX с прогнозами КП 68 и РЭП не совсем корректно. Однако количество оцениваемых случаев по всем станциям региона, срокам (24-84 ч) и месяцам (апрель-октябрь) позволяет пренебречь этой разницей. К тому же в отдельные периоды и сроки успешность всех прогнозов (по всем УГМС от Уральского УГМС до Забайкалья и Якутии) имеет одинаковую тенденцию – понижение оправдываемости прогнозов с увеличением заблаговременности, т. е. сравнимость результатов оценки всех прогнозов можно отнести к корректной.

Приложения по каждому УГМС содержат таблицы и графики с оправдываемостью прогнозов, средней абсолютной и систематической (среднеарифметической) ошибками.

Рассмотрим успешность прогнозов по каждому УГМС отдельно.

#### ***ФГБУ «Уральское УГМС».***

Анализируя успешность прогнозов по областным центрам территории ответственности Уральского УГМС (Екатеринбург, Пермь, Челябинск, Курган) (Приложение I: таблицы 1-4, графики – рис. 1, рис. 2, рис. 3), необходимо отметить высокую оправдываемость прогнозов (83-100 %) всех прогнозов (КП 68, РЭП и COMPLEX) на сроки 24, 36, 48, 72 часа в течение всего периода (апрель-октябрь), за исключением прогнозов COMPLEX в апреле месяце, когда оправдываемость прогнозов составила по Кургану – 77 % (72 часа) и по Перми – 67 % (36 часов).

В прогнозах на сроки 60 и 84 часа, т.е. на сроки, близкие к максимальной температуре, менее удачными (63-79 %) по всем методам и по всей территории были прогнозы в мае и июне. Менее успешными на 84 часа были прогнозы по технологии COMPLEX в мае и сентябре, когда по всем пунктам оправдываемость прогнозов

была в пределах 68-77 %, и для Перми - в апреле всего 53 %. Наиболее удачными прогнозы по технологии COMPLEX по всем пунктам были в июле, августе и в сентябре.

Успешными - 82-100 % на срок 60 в апреле, июле и августе на 84 часа в апреле, июне, июле и октябре были прогнозы, составленные синоптиками в коде КП 68, и прогнозы по технологии РЭП. В мае, июне, сентябре оправдываемость этих прогнозов была удовлетворительной (63-79 %).

Необходимо отметить, что в прогнозах минимальной и максимальной температуры воздуха на сроки 24, 36, 48, 60 часов по всем методическим подходам (КП 68, РЭП, COMPLEX) средняя абсолютная ошибка не превышает 2 °С для большинства пунктов Уральского УГМС, т.е. при такой ошибке прогноз температуры, согласно Наставлению по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. - Обнинск: ИГ - СОЦИН, 2009.-50 с.(РД52.27.724-2009), считается оправдавшимся. Лишь по станции Пермь абсолютная ошибка в прогнозах максимальной температуры воздуха по модели COMPLEX 2,8 °С и 3,2 °С, соответственно на 36 и 60 часов, достигла в апреле; в прогнозах КП 68 (60 часов) в июне и сентябре абсолютная ошибка составила 2,2 °С и 2,4 °С.

На третьи сутки (72 и 84 часа) более удачными были прогнозы РЭП. Абсолютная ошибка этих прогнозов по всем пунктам Уральского УГМС несущественно менялась в пределах 2 °С, за исключением прогнозов в мае по Челябинску с заблаговременностью 84 часа, когда абсолютная ошибка прогнозов составила 2,5 °С.

В прогнозах COMPLEX на 72 часа абсолютная ошибка составила по Перми и Кургану в апреле 2,2 °С, в Челябинске в июне 2,7 °С. В прогнозах на 84 часа абсолютная ошибка превысила в Екатеринбурге и в Перми 2 °С в апреле, мае, июне и в сентябре, в Кургане и в Челябинске - в мае и сентябре.

В прогнозах КП 68 на 72 часа наибольшая абсолютная ошибка 2,5 °С была только в апреле по станции Пермь. В прогнозах на 84 часа абсолютная ошибка в Перми не превышала 2 °С, в Кургане в апреле и июле абсолютная ошибка была 2,4 °С и 2,1 °С соответственно, в Екатеринбурге - в июле (2,4 °С) и сентябре (2,5 °С), в Челябинске – в апреле и сентябре (2,2°С), в мае (2,5 °С).

Из представленного выше материала, можно отметить, что за анализируемый период (апрель-октябрь) менее удачными прогнозами с заблаговременностью 84 часа с большой абсолютной ошибкой были прогнозы по модели COMPLEX.

Проанализировав систематическую ошибку прогнозов по пунктам Уральского УГМС по всем моделям можно отметить, что все прогнозы (КП 68, РЭП, COMPLEX) минимальной температуры воздуха с апреля по июнь чаще имели отрицательную ошибку, т.е. температура воздуха чаще всего занижалась.

Отрицательная систематическая ошибка наиболее характерна для прогнозов КП 68, причем как минимальной, так и максимальной температуре воздуха, она в два раза чаще превышала положительную систематическую ошибку. Прогнозам РЭП характерна, наоборот, положительная систематическая ошибка, она повторялась в 1,5 раза чаще, чем отрицательная. В прогнозах по технологии COMPLEX систематическая ошибка не имеет четкой ориентации по знаку в какие либо месяцы.

### **ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».**

Оправдываемость всех прогнозов (КП 68, РЭП, COMPLEX) по Омску (Приложение II: таблица 1, графики – рис.1) в течение всего периода изменяется от 83 % до 97 %, за исключением прогнозов на 84 часа: КП 68 (июль) и COMPLEX (апрель и август), когда оправдываемость прогнозов была удовлетворительной - 70-74 %. Наиболее высокая оправдываемость (100 %) была у прогнозов РЭП с заблаговременностью 24 и 48 часов была в июне-августе, на 36 часов - в мае, июне, августе, на 72 часа - в мае и июле.

По Тюмени (Приложение II: таблица 2, графики – рис.1) оправдываемость прогнозов РЭП в период с апреля по октябрь с заблаговременностью 24-84 часа не опускалась ниже 86-100 %. Такая же стабильно высокая (80-100 %) оправдываемость прогнозов в эти же месяцы была в прогнозах по технологии COMPLEX с заблаговременностью 24, 36, 48, 60 часов. С заблаговременностью 72 часа в сентябре и 84 часа в мае прогнозы по этой технологии были менее успешными, 73 и 74 % соответственно. Прогнозы синоптиков (КП 68) имели удовлетворительную оценку (73-77 %) в сентябре с заблаговременностью 24, 48, 72, 84 часа, в мае на 84 часа и в октябре – на 72 часа. Прогнозы синоптиков в другие месяцы имели довольно высокую оправдываемость - 80-97 %.

По Ханты-Мансийску (Приложение II: таблица 3, графики - рис. 1) все прогнозы (КП 68, РЭП и COMPLEX) в период с апреля по октябрь с заблаговременностью 24, 48, 36 часов имели оправдываемость 83-100 %, за исключением прогнозов по технологии COMPLEX на 36 часов в апреле, когда успешность прогнозов составила 73 %. Менее удачными были прогнозы КП 68 (76 - 77 %) в сентябре и октябре - на 72 часа, в апреле и октябре - на 60 часов и в мае –

на 84 часа; по методу РЭП (74-76 %) в октябре на 72 часа и в апреле - на 60 часов, по технологии COMPLEX – в апреле на 36 и 60 часов и в мае - на 84 часа, когда их оправдываемость понизилась до 70-75 %, но наиболее низкая она была в апреле (84 часа), всего 53 %.

Анализ средней абсолютной ошибки (Приложение II: таблицы 1-3, графики - рис. 3) показал, что прогнозы РЭП по всем станциям Обь-Иртышского УГМС (Омск, Тюмень, Ханты-Мансийск) имели в большинстве случаев ошибку менее 2 °С, за исключением прогнозов на 48 часов (Тюмень, сентябрь), на 60 часов (Ханты-Мансийск, апрель-май), на 72 часа (Тюмень, сентябрь и Ханты-Мансийск, октябрь), на 84 часа (Ханты-Мансийск, апрель, и Омск, июль), когда абсолютная ошибка прогнозов составила 2,1-2,6 °С.

По технологии COMPLEX все прогнозы (апрель-октябрь) по Омску и Ханты-Мансийску с заблаговременностью 24, 48 и 72 часа имели абсолютную ошибку 2 °С и менее. В прогнозах максимальной температуры воздуха (36, 60 и 84 часа) абсолютная ошибка возрастала и составляла: в Омске 2,1-2,5 °С в апреле (60 часов), в апреле, мае, июле и августе (84 часа); в Ханты-Мансийске 2,1-2,7 °С в апреле (36 часов), в апреле и в июле (60 часов), в мае-июне (84 часа); максимальная абсолютная ошибка (3,5 °С) была отмечена в прогнозах в апреле (84 часа). По Тюмени абсолютная ошибка 2,1-2,7 °С наблюдалась в прогнозах в сентябре (24 -72 часа), в апреле (60 часов) и в мае (84 часа), в остальных прогнозах абсолютная ошибка не превышала 2 °С.

Систематическая ошибка (приложение II: таблиц 1-3, графики- рис. 2) по всем прогнозам чаще всего не превышала 1 °С. Прогнозы, составленные синоптиками (КП 68), наиболее часто были занижены, особенно в переходные месяцы. Прогнозы РЭП имели наименьшую систематическую ошибку, чаще всего менее 0,5 °С. По Ханты-Мансийску она чаще имеет отрицательный знак, по Тюмени и Омску четкой ориентации знака не наблюдалось. Прогнозы минимальной температуры воздуха (24, 48 и 72 часа) по технологии COMPLEX чаще имели тенденцию к занижению температуры, систематическая ошибка прогнозов максимальной температуры воздуха по Тюмени и Ханты-Мансийску чаще была положительной, т. е. прогноз максимальной температура воздуха нередко был завышен.

### ***ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»***

В Западно-Сибирском УГМС была проанализирована успешность прогнозов КП 68, РЭП и COMPLEX (Приложение III: таблицы 1-5, графики – рис. 1) по пяти пунктам: Новосибирск, Томск, Кемерово, Барнаул и Кызыл-Озек.

Наиболее удачными с высокой оправдываемостью (80-100 %) по всем пунктам в большинстве случаев были прогнозы РЭП, за исключением весенне-осеннего периода, когда оправдываемость прогнозов максимальной температуры воздуха (36, 60 и 84 ч) понижалась до 65-79 %, оправдываемость прогнозов на 84 часа понижалась до 52 % и 57 % соответственно по Кызыл-Озеку - в октябре и по Томску – в апреле.

По технологии COMPLEX наиболее успешными (81-100 %) по всем пунктам были прогнозы минимальной температуры (24, 48, 72 часа), за исключением прогнозов в мае по Кемерово и Кызыл-Озеку (48 часов) и в апреле по Новосибирску (72 часа), когда оправдываемость прогнозов составила 77 %. Менее удачными были прогнозы максимальной температуры воздуха (36, 60, 84 ч). Удовлетворительными (50-77 %) они были по всем пунктам УГМС в апреле (за исключением прогнозов по Кызыл-Озеку на 36 ч и Кемерово на 60 ч), по Томску в мае на 60 часов, в мае и в августе на 84 часа и по Кызыл-Озеку в октябре на 60 часов, в апреле и в октябре на 84 часа. Оправдываемость остальных прогнозов по этой технологии изменялась от 81 до 100 %.

Прогнозы синоптиков (КП 68) наиболее корректными были по всем пунктам на 24-36 часов. Оправдываемость их составляла 81-97 %, за исключением прогнозов по Кызыл-Озеку в апреле (24 ч) и в октябре (36 ч), а также, по Томску - в апреле (36 ч), где она составила 76, 74 и 67 % соответственно. На 2-3 суток (48, 60, 72 и 84 ч) наиболее удачными прогнозы (83-95 %) по всем станциям территории управления были прогнозы в июле – сентябре на 48 часов и в июле на 72 часа. Удовлетворительная оправдываемость (65-79 %) прогнозов на 48 часов наблюдалась по Кемерово с апреля по июнь, по Кызыл-Озеку в апреле (47 %); на 72 часа в апреле - мае по Новосибирску, Томску, Кемерово и Барнаулу, в июне, августе - октябре по Кызыл-Озеку и в августе по Томску. В прогнозах на 60 часов невысокая успешность (52- 79 %) была в июне по Новосибирску, в апреле - мае по Томску, Барнаулу и Кызыл-Озеку, в июле-августе и в октябре по Кызыл-Озеку, в октябре по Томску и Барнаулу. На 84 часа удовлетворительными (52-78 %) прогнозы были в августе и в октябре по Новосибирску, в апреле и в августе по Томску, в сентябре по Кемерово, в мае и октябре по Барнаулу, в апреле, июле в октябре по Кызыл-Озеку.

Обобщая анализ оправдываемости прогнозов, можно отметить, что прогнозы синоптиков температуры воздуха на 48-84 часа уступают прогнозам РЭП и COMPLEX.

Этот вывод подтверждается распределением абсолютной ошибки. Абсолютные ошибки всех прогнозов (КП 68, РЭП, COMPLEX) за период апрель - октябрь (Приложение III: таблицы 1-5, графики – рис. 3) показали одинаковую тенденцию для всех пунктов Западно-Сибирского УГМС: меньше всего абсолютных ошибок, превышающих 2 °С, в прогнозах РЭП и COMPLEX. Ошибки более 2 °С чаще повторялись в прогнозах максимальной температуры воздуха в переходные сезоны (апрель и октябрь), когда наблюдается перестройка в атмосфере от сезона к сезону. Максимальная ошибка, 2,8 °С и более, в прогнозах РЭП и COMPLEX была отмечена по Кызыл-Озеку и Томску на 60 и 84 часа в апреле и октябре. Видимо, модель РЭП и технология COMPLEX недостаточно оценивают географические и климатические условия этих пунктов. Кызыл-Озек – территория Горного Алтая; Томск- крайний юг Томской области с климатическими особенностями, присущими большому городу.

Прогнозы синоптиков (КП 68) во все сроки и по всем пунктам имели больше случаев с абсолютной ошибкой, превышающей 2,0 °С, особенно часто она повторяется в прогнозах на 2-3 суток (48, 60, 72 и 84 часа) по Томску, Кемерово, Барнаулу и Кызыл-Озеку, т. е. в прогнозах, которые составляют синоптики Гидрометцентра Западно-Сибирского УГМС. Видимо, сказывается недостаток времени у синоптика для более качественного анализа прогностического и фактического материала по этим пунктам. Абсолютная ошибка более 2,0 °С, по Новосибирску на 2-3 суток повторяется в три раза реже, чем по Томску, Кемерово, Барнаулу и Кызыл-Озеку. Т.е. синоптик Гидрометцентра уделяет больше времени территории Новосибирской области, за которую он отвечает.

#### Рекомендация – больше доверять прогнозам РЭП и COMPLEX.

Наибольшая средняя арифметическая ошибка (Приложение III: таблицы 1-5, графики- рис.2), превышающая 1 °С, причем с отрицательным знаком, чаще всего наблюдалась в прогнозах КП 68 по Новосибирску и Томску за весь период на сроки 24-84 часа, т.е. прогнозы температуры воздуха чаще всего были занижены. По другим пунктам (Кемерово, Барнаул, Кызыл-Озек), четкой закономерности в отклонении систематической ошибки не наблюдалось.

В прогнозах РЭП по всем пунктам с заблаговременностью 24-84 часа систематическая ошибка редко превышала 1 °С, чаще всего она колебалась в пределах +0,5°С... -0,5 °С.

В прогнозах по технологии COMPLEX систематическая ошибка не имела четкой ориентации по знаку для всех пунктов. Наиболее четко прослеживалось занижение прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха по Томску

и Кызыл-Озеку на все прогностические сроки; по Новосибирску наблюдалось занижение минимальной температуры воздуха (24, 48 и 72 часа), по Барнаулу наоборот наблюдалось занижение температуры воздуха прогнозами максимальной температуры, по Кемерово – завышение прогнозами минимальной температуры и занижение максимальной температуры.

### **ФГБУ «Среднесибирское УГМС»**

Анализ оправдываемости прогнозов (Приложение IV: таблицы 1-3, графики – рис.1) показал, что наиболее удачными прогнозами были прогнозы РЭП по Красноярску. В течение всего периода (апрель-октябрь) оправдываемость всех прогнозов с заблаговременностью 24-84 часа менялась в пределах 82 - 100 %, за исключением прогнозов в апреле с заблаговременностью 84 часа, когда оправдываемость прогнозов составила 76 %. По Абакану и Кызылу оправдываемость прогнозов РЭП, также, очень высокая, 81-100 %, за исключением прогнозов по Абакану в апреле (24 ч), в апреле, сентябре, октябре (48 и 72 часа) и прогнозов по Кызылу в октябре (24, 48 ч), в апреле, октябре (72 ч) и в августе (84 ч), когда оправдываемость прогнозов была удовлетворительной, 63-75 %.

По технологии COMPLEX средняя оправдываемость прогнозов по Красноярску составила 81-100 %, за исключением прогнозов в октябре на 24 и 60 часов, в мае на 48 часов, в апреле на 36 часов, когда оправдываемость прогнозов составила 77 %. По Абакану наиболее удачными (82-100 %) были прогнозы максимальной температуры воздуха (36, 60, 84 часа), за исключение прогнозов в июне, когда оправдываемость составила 73 %. Оправдываемость прогнозов минимальной температуры воздуха по технологии COMPLEX в апреле, октябре (24 ч), в апреле, сентябре-октябре (48 ч) и в апреле-мае, сентябре-октябре (72 ч), т. е. в осенне-весенний период чаще была удовлетворительной, 63-77 %. По Кызылу, также, удовлетворительными (61-77 %) были прогнозы минимальной температуры воздуха в апреле и в октябре (24, 72 часа), в октябре (48 ч), а максимальной температуры в апреле (36, 60 ч), в августе-сентябре (84 ч.). Остальные прогнозы по Кызылу имели оправдываемость от 81 до 97 %. По Абакану прогнозы максимальной температуры воздуха (36, 60, 84 часа) имели высокую успешность от 83 до 100 %, за исключением прогнозов в апреле на 84 часа, когда средняя оправдываемость составила 73 %. Прогнозы минимальной температуры (24, 48, 72 часа) имели высокую оправдываемость в летний период май-август на 24 и 48 часов, и июне-августе на 72 часа. В весенне-осенний период (апрель, сентябрь-октябрь) успешность прогнозов была в пределах 63-71 %.



Прогнозы синоптиков (КП 68) наиболее удачными (82-100 %) были по Красноярску, за исключением прогнозов максимальной температуры (60 ч.) в мае и июле и (84 ч) в апреле-мае и в июле, когда оправдываемость их составила 75-78 %. По Абакану наиболее удачными (80-100 %) были прогнозы на 36 часов в течение всего исследуемого периода (апрель-октябрь), на 24 часа в период апрель-август, на 48 часов в мае и в период июль-октябрь, на 72 часа - в апреле и июле, на 60 часов - в апреле, июле-августе и на 84 часа - в апреле и в августе, остальные прогнозы имели удовлетворительную успешность от 58 до 77 %. По Кызылу наиболее удачными (83-100 %) были прогнозы на 24 и 36 часов (с апреля по октябрь), на 48 часов - в теплый период года, с мая по август; на 72 часа - в мае-июне и в августе, на 60 часов в мае и в период июль – октябрь, на 84 часа в апреле-мае и в июле – сентябре. Остальные прогнозы по Кызылу имели оправдываемость от 55 до 79 %.

**Абсолютная ошибка.** Анализируя таблицы и графики по всем пунктам Среднесибирского УГМС (Красноярск, Абакан, Кызыл) с абсолютной ошибкой прогнозов (Приложение IV: таблицы 1-3, графики – рис. 3) просматривается общая тенденция - уменьшение ошибки в летний период (май-август) во всех прогнозах (КП 68, РЭП и COMPLEX). Наименьшая абсолютная ошибка, от 1 до 2 °С была в прогнозах по Красноярску, за исключением прогнозов КП 68 на 72 часа в апреле, на 84 часа - в апреле и октябре; прогнозов РЭП на 60 часов в октябре, на 84 часа – в апреле; прогнозов COMPLEX на 36 и 60 часов - в апреле, на 84 часа - в апреле и октябре, когда она колебалась в пределах 2,1-2,4 °С.

По Кызылу наиболее удачными на все сроки были прогнозы РЭП: с мая по сентябрь абсолютная ошибка прогнозов на 24, 48 и 72 часа была не более 1,5 °С, на 36 и 60 часов с апреля по октябрь была менее 2 °С. Менее точны, со средней ошибкой около 2,5 °С, были прогнозы на 24 и 48 часов в октябре, на 72 часа - в апреле и в октябре, на 84 часа - в апреле и в августе. Прогнозы по технологии COMPLEX (24, 48, 72, 36 и 60 часов) имели абсолютную ошибку менее 2 °С в период с мая по сентябрь, в остальные периоды прогнозы на эти сроки имели абсолютную ошибку более 2 °С. Прогнозы максимальной температуры воздуха по технологии COMPLEX на 84 часа в период с апреля по сентябрь имели абсолютную ошибку 2,1-2,4 °С, за исключением прогнозов в октябре, когда абсолютная ошибка составила 1,75 °С. В прогнозах синоптиков (КП 68) абсолютная ошибка менее 2 °С была только в прогнозах на первые сутки. В прогнозах минимальной температуры воздуха (48 и 72 часа) в апреле, сентябре и октябре, в прогнозах максимальной температуры в апреле, июне, августе-октябре абсолютная ошибка изменялась в пределах 2,2-3,8 °С.

Распределение абсолютной ошибки по Абакану показало, что наиболее успешные прогнозы максимальной температуры воздуха (36, 60 и 84 часа) с ошибкой менее 2 °С были с апреля по октябрь по всем методам, за исключением прогнозов КП 68 на 60 часов в мае и октябре, на 84 часа - в мае, июле, сентябре и октябре, когда ошибка изменялась от 2,3 до 4,4 °С, а также прогнозов РЭП на 84 часа в октябре и COMPLEX в июне, с ошибками 2,4 °С и 2,2 °С соответственно. В прогнозах минимальной температуры воздуха (24, 48 и 72 часа) абсолютная ошибка чаще превышала 2 °С (2,2...3,2 °С). Наиболее неудачными прогнозы были в переходный период: весна (апрель – май) и осень (сентябрь-октябрь). Если проанализировать абсолютные ошибки в комплексе с систематическими, то можно отметить, что чаще всего прогнозы КП 68 и COMPLEX имели отрицательное значение среднеарифметической ошибки, т.е. температура занижалась, а в прогнозах РЭП, наоборот, завышалась, т.к. систематическая ошибка была положительной..

Согласно таблицам и графикам с распределением **систематической ошибки** по пунктам (Приложение IV: таблицы 1-3, графики – рис. 2), в прогнозах КП 68 и COMPLEX минимальная температура воздуха (24, 48 и 72 часа) по Красноярску чаще завышалась, тогда, как прогнозы РЭП не показали преимущество какого-либо знака. В прогнозах максимальной температуры воздуха (36, 60 и 84 часа) по модели РЭП и технологии COMPLEX преобладал положительный знак, в прогнозах синоптиков (КП 68) – отрицательный. По Абакану в прогнозах минимальной температуры воздуха сохранялось преобладание отрицательного знака систематической ошибки по КП 68 и COMPLEX, и положительного – в прогнозах РЭП. В прогнозах максимальной температуры воздуха по КП 68 не выявлен преобладающий знак, а в прогнозах РЭП и COMPLEX преобладают положительные отклонения, т.е. температура в прогнозах чаще бывала завышена. По Кызылу в прогнозах минимальной температуры воздуха (КП 68, РЭП, COMPLEX) не прослеживалась значимая тенденция систематической ошибки по знаку; в прогнозах максимальной температуры по методике РЭП и технологии COMPLEX преобладала положительная систематическая ошибка, в прогнозах синоптиков (КП 68) преобладание какого-либо знака не наблюдалось.

#### ***ФГБУ «Иркутское УГМС»***

Анализируя таблицы и рисунки с графиками оправдываемостью прогнозов по Иркутску (Приложение V: таблица 1, графики – рис.1), необходимо отметить довольно высокую успешность прогнозов синоптиков (КП 68) 83-97 %, за

исключением прогнозов в августе и сентябре с заблаговременностью 84 часа, когда оправдываемость была удовлетворительной (74-75 %). Оправдываемость прогнозов РЭП и COMPLEX, также, была довольно высокая -83-100 % в прогнозах РЭП, и 81-97 % в прогнозах COMPLEX. Удовлетворительная оценка 74-79 % в прогнозах РЭП была в октябре (36 часов) и в августе-сентябре (84 часа). Прогнозы по технологии COMPLEX чаще имели удовлетворительную оценку оправдываемости (70-77 %) на 24 и 72 часа - в октябре, на 60 часов в сентябре и на 84 часа - в апреле, мае, в августе и октябре.

Просматривая таблицу, рисунки (Приложение V: таблица 1, графики – рис.3, рис. 2) с распределением абсолютных и систематических ошибок с апреля по октябрь по Иркутску по всем прогнозам (КП 68, РЭП и COMPLEX), необходимо отметить, что в прогнозах РЭП превышение абсолютной ошибки более чем на 2 °С наблюдалось лишь в прогнозах на 36 часов (в октябре), на 60 часов (в сентябре-октябре) и на 84 часа (в августе-октябре), т.е. в прогнозах максимальной температуры. Анализ систематической ошибки в эти периоды показывает преобладание (5 из 6 случаев) отрицательного знака ошибки, т.е. прогнозы температуры воздуха в этих случаях были занижены, хотя за весь анализируемый период прогнозы РЭП чаще имели положительный знак систематической ошибки, особенно с апреля по июнь, т.е. прогнозы температуры воздуха в этот период не редко были завышены.

В прогнозах синоптиков (КП 68) на 24, 36 и 60 часов абсолютная ошибка не превышала 2 °С; в прогнозах на 48, 72 и 84 часа она превышает на 2.1...2.4 °С в июне-июле (48 часов), в июне, августе (72 часа) и в мае, августе (84 часа), в остальные месяцы она менее 2 °С. Анализируя рисунки с систематической ошибкой, отмечаем, что синоптики почти всегда в своих прогнозах (КП 68) занижают температуру воздуха, причем в летний период (май-август) занижение температуры на 1...2 °С наблюдается на сроки 48, 72, 60 и 84 часа.

Абсолютная ошибка в прогнозах по технологии COMPLEX значительно чаще превышала 2 °С, чем в прогнозах РЭП и КП 68: на 24 часа (октябрь), на 48 и 72 часа (июль, сентябрь-октябрь), на 36 часов (июль, сентябрь), на 60 часов (апрель, июль, сентябрь), на 84 часа (апрель-октябрь). Сравнивая периоды абсолютных ошибок с систематическими ошибками, по технологии COMPLEX, необходимо отметить, что прогноз минимальной температуры воздуха в летний период (июль) чаще был занижен; в период осени (сентябрь-октябрь), наоборот, завышен. Прогноз

максимальной температуры воздуха: в летний период – завышен, в октябре – занижен.

### ***ФГБУ «Забайкальское УГМС»***

Анализ таблиц и графиков (Приложение VI: таблицы 1-2, графики – рис.1, рис. 2, рис. 3) оправдываемости прогнозов КП 68, РЭП и COMPLEX по Чите и Улан-Уде, выделяет стабильно высокую оправдываемость (83-100 %) прогнозов РЭП, как по Чите, так и по Улан-Удэ, исключение составляют прогнозы по Чите в апреле (48 и 84 часа), в апреле-мае и октябре (72 часа) и по Улан-Уде - в апреле (72 часа), в октябре (60 часов), в августе и октябре (84 часа), когда успешность прогнозов была удовлетворительной 70-77 % в Улан-Удэ и 60-76 % в Чите.

Прогнозы синоптиков (КП 68) наиболее удачны для Улан-Удэ. С оценкой удовлетворительно (72-76 %) прогнозы были составлены только в октябре (24 часа), в апреле (72 часа), в мае и июле-августе (84 часа), в остальные периоды оправдываемость их была 80-100 %. По Чите прогнозы синоптиков (КП 68) максимальной температуры воздуха более удачными (83-97%) были прогнозы на срок 36 часов (апрель-октябрь), на 60 часов (апрель-май, июль, сентябрь-октябрь) и на 84 часа (июнь-октябрь); прогнозы минимальной температуры воздуха наиболее удачными (82-100 %) были в мае-июне, августе (24 часа), в мае, июле-августе (48 часов) и в августе (72 часа), остальные прогнозы имели оправдываемость от 59 до 79 %.

Успешность прогнозов по технологии COMPLEX по Чите и по Улан-Удэ уступает остальным подходам. Для Улан-Удэ в большинстве случаев оправдываемость их изменялась от 81 до 90 %, за исключением прогнозов в апреле-мае (24, 84 часа), в апреле (48, 72 часа), в июле (36, 48 и 60 часов), в июле – августе (84 часа) и в октябре (24, 48, 72, 84 часа), когда оправдываемость прогнозов была в пределах 61-77 %. Наиболее неудачными прогнозами по Чите были прогнозы минимальной температуры воздуха в апреле и октябре, когда их оправдываемость составила 52 % (24 часа), 50 и 48 % (48 часов) и 50 и 42 % (72 часа). Необходимо отметить, что абсолютная ошибка этих прогнозов была почти 4 °С, причем во всех случаях температура воздуха была завышена более чем на 3 °С в октябре и на 1 °С в апреле, систематическая ошибка этих прогнозов была положительной. Удовлетворительными (67-77 %) прогнозы COMPLEX были на 24 часа (апрель, июнь, сентябрь), 48 и 72 часа (июль, сентябрь), 36 часов (июль), 60 часов (апрель, июль), 84 часа (апрель-июль, сентябрь – октябрь), а наиболее удачными (81-94 %)

были прогнозы максимальной температуры воздуха на 36 часов (апрель-июнь, август-октябрь) и 60 часов (май-июнь и август – октябрь).

Это подтверждают расчеты средней абсолютной и арифметической ошибки (Приложение VI: таблицы 1-2, графики – рис. 3, рис. 2). При этом прогнозы минимальной температуры воздуха в летнем периоде занижали температуру воздуха, в переходные периоды (весна, осень) – завышали; прогнозы максимальной температуры преимущественно завышали во всем периоде за исключением октября, где они показывали значения ниже фактических.

Меньше всего случаев с абсолютной ошибкой более 2 °С было в прогнозах РЭП, как по Чите, так и по Улан-Удэ (Приложение VI: таблицы 1-2, графики – рис.3). В прогнозах РЭП по Чите на 24 и 60 часов (октябрь), на 48 часов (апрель, сентябрь-октябрь), 72 часа (апрель, июнь, сентябрь-октябрь), 84 часа (апрель-май, август); в прогнозах по Улан-Уде на 48 часов (октябрь), на 72 часа (апрель, октябрь), 36 часов (июль), 60 часов (июль, октябрь), 84 часа (июнь, октябрь) абсолютная ошибка была в пределах 2,1...2,9 °С. Сопоставляя абсолютные ошибки прогнозов РЭП с систематическими (Приложение VI: таблицы 1-2, графики – рис. 2), следует отметить тенденцию завышения прогнозов, как минимальной, так и максимальной температуры воздуха по Чите во все месяцы, за исключением сентября, когда чаще системная ошибка была отрицательная. По Улан – Удэ систематическая ошибка прогнозов минимальной и максимальной температуры воздуха чаще была положительная в прогнозах в апреле-мае, а отрицательная - в июле.

В прогнозах КП 68 абсолютная ошибка в прогнозах по Улан-Удэ реже превышала 2 °С, чем по Чите. По Улан-Удэ абсолютна ошибка 2,1...2,5 °С была в прогнозах на 48 часов (июнь, август), на 72, 36 и 60 часов (июль-август), на 84 часа (май – август, октябрь); по Чите абсолютная ошибка 2,1...3,3 °С наблюдалась в прогнозах на 24 часа (апрель, июль, сентябрь - октябрь), 48 и 72 часа (апрель-июль, сентябрь-октябрь), на 60 часов (апрель, август), на 84 часа (апрель-май, август). Оценивая систематическую ошибку прогнозов КП 68 (Приложение VI: таблица 1-2, графики – рис. 2) можно отметить тенденцию к завышению температуры воздуха по Чите, как минимальной, так и максимальной, а по Улан-Удэ, наоборот, к занижению температуры воздуха.

#### ***ФГБУ «Якутское УГМС»***

Анализируя таблицу и графики (Приложение VII: таблица 1, графики – рис. 1) с оправдываемостью прогнозов по Якутску, следует отметить высокую

оправдываемость (82-100 %) всех прогнозов КП 68 и РЭП с заблаговременностью 24 и 36 часов; прогнозы на сроки 48 - 84 часа в отдельные месяцы имели удовлетворительный процент успешности (67-77 %). Прогнозы КП 68 - в июне (48, 72 и 84 часа), в октябре (48 и 72 часа), в сентябре (72 часа), в августе (60 часов); прогнозы РЭП в июле, октябре (48 часов), июне, августе-октябре (72 часа), в августе – октябре (60 часов), в июне, августе (84 часа). Остальные прогнозы КП 68 и РЭП на эти сроки имели оправдываемость 82-100 %.

Оправдываемость прогнозов по технологии COMPLEX была хуже. Чаще прогнозы имели оправдываемость удовлетворительную (63-77 %): на 24 часа (апрель, июнь, сентябрь-октябрь), на 48 часов (сентябрь-октябрь), на 72 часа (апрель, июнь-июль, октябрь), на 36 часов (апрель, октябрь), на 60 часов (апрель-май, октябрь), на 84 часа (май – июнь, август-сентябрь), а в отдельные месяцы и сроки – неудовлетворительную (48-53 %): на 48 часов в апреле, на 72 часа в сентябре, на 84 часа в октябре.

Средние абсолютные ошибки (Приложение VII: таблица 1, графики – рис.3) с наименьшими значениями были в прогнозах РЭП, лишь в осенние месяцы (октябрь, сентябрь) на сроки 48-84 часа они превышают 2°C.

В прогнозах КП 68 повторяемость абсолютной ошибки более 2 °С возрастает с увеличением заблаговременности прогноза: 48 часов (июль, сентябрь-октябрь), 60 часов (август-октябрь), 72 часа (май-октябрь), 84 часа (июнь, август, октябрь), т. е. и в прогнозах КП 68 увеличение абсолютной ошибки наблюдается чаще в осенний период.

Согласно расчетным систематическим ошибкам (Приложение VII: таблица 1, графики – рис. 2), прогнозы КП 68 чаще занижали температуру воздуха; прогнозы РЭП значительной тенденции в знаке ошибки не выявили, по технологии COMPLEX в прогнозах максимальной температуры воздуха наблюдалась тенденция завышения температуры воздуха, в прогнозах минимальной температуры воздуха - небольшая тенденция в занижении её.

Проанализировав успешность всех прогнозов (КП 68, РЭП и COMPLEX) по УГМС Урало-Сибирского региона и Якутии, несмотря на то, что был проанализирован не очень большой ряд прогнозов, всего семь месяцев 2015 года, можно обозначить некоторые выводы:

- довольно высокую успешность прогнозов по прогностическим технологиям РЭП и COMPLEX;

- снижение оправдываемости прогнозов по прогностическим технологиям РЭП и COMPLEX прослеживалось по УГМС с запада на восток с увеличением заблаговременности, видимо сказывается недостаточный учет климатических и географических особенностей территорий на востоке региона;

- снижение оправдываемости наиболее характерно для всех прогнозов (КП 68, РЭП и COMPLEX) в весенне - осенний период (апрель – май, сентябрь-октябрь) и с увеличением заблаговременности;

- тенденция занижения температуры воздуха (средняя статистическая ошибка отрицательная) чаще наблюдалась в прогнозах синоптиков (КП 68) всех УГМС, за исключением прогнозов синоптиков по Чите, когда наблюдалась средняя арифметическая (статистическая) ошибка положительная, т.е. в прогнозах температура воздуха завышалась.

Зав. ЛАСГДП, ФГБУ «СибНИГМИ» к.г.н.



М.Я. Здерева

С.н.с. ЛЧПП ФГБУ «СибНИГМИ»



Л.А. Воронина