

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ФГБУ «СибНИГМИ»)

УДК
N гос.регистрации
Инв. N

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ФГБУ «Гидрометцентр России»
доктор технических наук
_____ Вильфанд Р.М.
«__» _____ г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Создание технологии вычислений глобальных детерминированных гидродинамических прогнозов на сроки до 10 суток с шагом сетки не более 25 км по полулагранжевой модели атмосферы

(заключительный)

Тема 1.1.2.1

Часть 2

Научный руководитель темы
зав. лабораторией ФГБУ «Гидрометцентр России»,
доктор физико-математических наук

М.А. Толстых

Ответственный исполнитель темы
Директор ФГБУ «СибНИГМИ»,
Доктор физико-математических наук

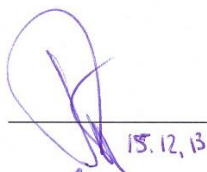


В.Н.Крупчатников

Новосибирск 2013

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

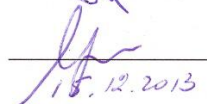
Директор
(ФГБУ «СибНИГМИ»)



15.12.13

В.Н.Крупчатников
научное руководство, постановка задач

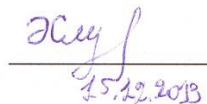
Зав. лабораторией
канд. геогр. наук
(СибНИГМИ)



15.12.2013

М.Я. Здерева
научное руководство, постановка задач,
разработка алгоритмов и технологий,
написание программ, написание отчета

Научный сотрудник
(СибНИГМИ)



15.12.2013

Н.А. Хлучина
участие в разработке алгоритмов,
написание программ,
оформление отчета

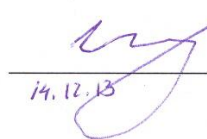
Зав. группой
(СибНИГМИ)



11.12.2013

А.В. Гочаков
Поддержка локальной сети и разработка
сетевого программного обеспечения для
обмена и хранения данных

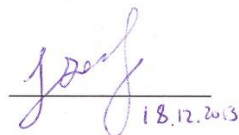
Ведущий
инженер-программист
(СибНИГМИ)



14.12.13

М.С. Котов
разработка и отладка ПО выборки данных
из SQL-базы

Нормоконтролер



18.12.2013

Т.П.Панькова

РЕФЕРАТ

Отчет с. 33, рис. 11, табл. 4, приложений 1, источников 3.

ОЦЕНКИ ПРОГНОЗОВ, СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛЬНЫЕ ОШИБКИ, MOS-ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Рассматриваются результаты расчетов по глобальной полулагранжевой конечно-разностной модели общей циркуляции атмосферы, разработанной в Институте вычислительной математики РАН совместно с Гидрометцентром РФ и основанной на уравнениях абсолютной завихренности (ПЛАВ), производимых в Западно-Сибирском региональном информационно-вычислительном центре. Проанализировано качество прогнозов приземной температуры воздуха, скорости ветра и осадков по модели ПЛАВ на территории Западной Сибири. Описаны результаты экспериментов по применению алгоритма MOS-коррекции гидродинамических прогнозов на базе коэффициентов линейной регрессии с фактическими данными по ограниченной выборке.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Оценки качества прогнозов отдельных параметров погоды по модели ПЛАВ	6
1.1 Технологическая схема производства оценок	6
1.2 Описание объективных модулей программы оценок	8
1.3 Оценки прогнозов приземной температуры воздуха	11
1.4 Оценки прогнозов осадков	16
1.5 Оценки прогнозов ветра	21
2 Эксперименты по статистической интерпретации прогнозов ПЛАВ	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ А	30

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная полулагранжева конечно разностная модель общей циркуляции атмосферы, разработанная в Институте вычислительной математики РАН совместно с Гидрометцентром РФ и основанная на уравнениях абсолютной завихренности, получила название ПЛАВ (SLAV). Для параметризации процессов подсеточного масштаба используются блоки из модели ALADIN (Франция) [1]. В 2011 году в Западно-Сибирском региональном информационно-вычислительном центре (ЗСРИВЦ - Новосибирск) реализована одна из версий модели ПЛАВ: зона охвата прогнозов на картах составляет $50^{\circ} - 110^{\circ}$ восточной долготы и $40^{\circ} - 60^{\circ}$ северной широты, шаг по широте - 0.56249, а по долготе -0.26197 градуса. Налажена система получения начальных и граничных данных, запуск расчетных блоков, вывод результатов в картографическом и GRIB форматах.

В качестве начальных данных модель ПЛАВ-2008 использует поля оперативного объективного анализа на стандартных изобарических поверхностях с горизонтальным разрешением 1,25 градуса по долготе и широте, а также объективные анализы на модельной сетке: поля температуры и относительной влажности на уровне 2 м, температуры и влагосодержания поверхностного и глубинного слоев почвы, разработанные в Лаборатории перспективных численных методов в моделях атмосферы Гидрометцентра России.

Объективный анализ полей температуры поверхности океана и высоты снежного покрова с ноября 2012 года вставляется из данных NCEP (<http://ftpprd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs>), что заметно улучшило качество конечной продукции по сравнению с анализом Багрова. В случае отсутствия NCEP'овских данных по снегу и ТПО производится попытка чтения их за предыдущий срок (т.к. эти поля меняются относительно медленно), если же и предыдущих данных нет - читаются анализы Багрова, как раньше.

Задачей данного исследования является оценка качества прогностической продукции модели ПЛАВ на территории Западной Сибири и возможностей статистической коррекции прогнозов отдельных метеоэлементов. В таблице А.1 приложения приведен перечень метеостанций исследуемого региона. Их номер в списке в дальнейшем будет использован в данном отчете.

Исходные параметры для исследований: температура воздуха у земли (T_{2m}), скорость приземного ветра (F_{10m}), количество полусуточных сумм осадков. Заблаговременность прогнозов: 6-72 часа, шаг по времени на выходе - 6 часов.

1 ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗОВ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОГОДЫ ПО МОДЕЛИ ПЛАВ

1.1 Технологическая схема производства оценок

Для верификации модельной продукции сформирован пакет программ вычисления качественных показателей по прогнозу температуры воздуха у земли, осадков и скорости приземного ветра относительно фактических наблюдений на станциях Западно-Сибирского региона (таблица А.1 приложения). Набор расчетных параметров соответствует «Методическим указаниям по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов» (РД 52.27.284-91) [2], «Наставлению по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения» (РД 52.27.724-2009) [3].

Расчеты систематической (ME), абсолютной (MAE), относительной (SDE), среднеквадратической (RMSE) ошибок, оправдываемости (PE) и распределения обеспеченности ошибок заданных градаций оформлены в виде функций и подпрограмм. Исходные модули написаны на языке FORTRAN, компилированы в ОС LINUX.

Подготовлено программное обеспечение для выполнения задач в двух режимах:

- 1) автоматизированный расчет оценок;
- 2) расчет оценок для любого временного интервала, который задается в *.ini файле.

В первом случае запуск выполняемого модуля производится согласно прописанному в cron-table расписанию четвертого числа каждого месяца, оцениваемый период составляет истекший календарный месяц.

Результаты оценок оформлены в таблицы, возможно их графическое представление через приложение GNUplot.

Начальный блок задачи включает ввод фактической и прогностической информации за определенный период времени, либо указанный в управляющем файле, либо вычисленный от системной даты (рисунок 1). Текстовые файлы с фактической информацией имеют идентификаторы 'TTggmdd' – для температуры воздуха, 'RRggmdd' – для осадков, 'FFggmdd' – для скорости ветра. Все они формируются ежедневно в оперативном режиме из SQL-базы СибНИГМИ, которая в свою очередь заполняется из телеграмм КН-01. Ввод модельных параметров производится за

идентичный период из текстовых файлов, ежедневно записываемых после окончания оперативного счета модели SLAV в ЗСРИБЦ. Приведение модельных данных к значениям на станциях региона в формате наблюдений. Так, прогностические осадки являются суммой параметров, содержащих значения жидких и твердых осадков, и суммой по времени за полусутки. Согласно «Наставлению» оцениваемые градации для жидких и твердых осадков отличаются. Для определения фактического фазового состояния осадков анализируется фактическая приземная температура воздуха за аналогичный срок. По упрощенному варианту выбран порог $+2^{\circ}\text{C}$ для смены фазы воды.

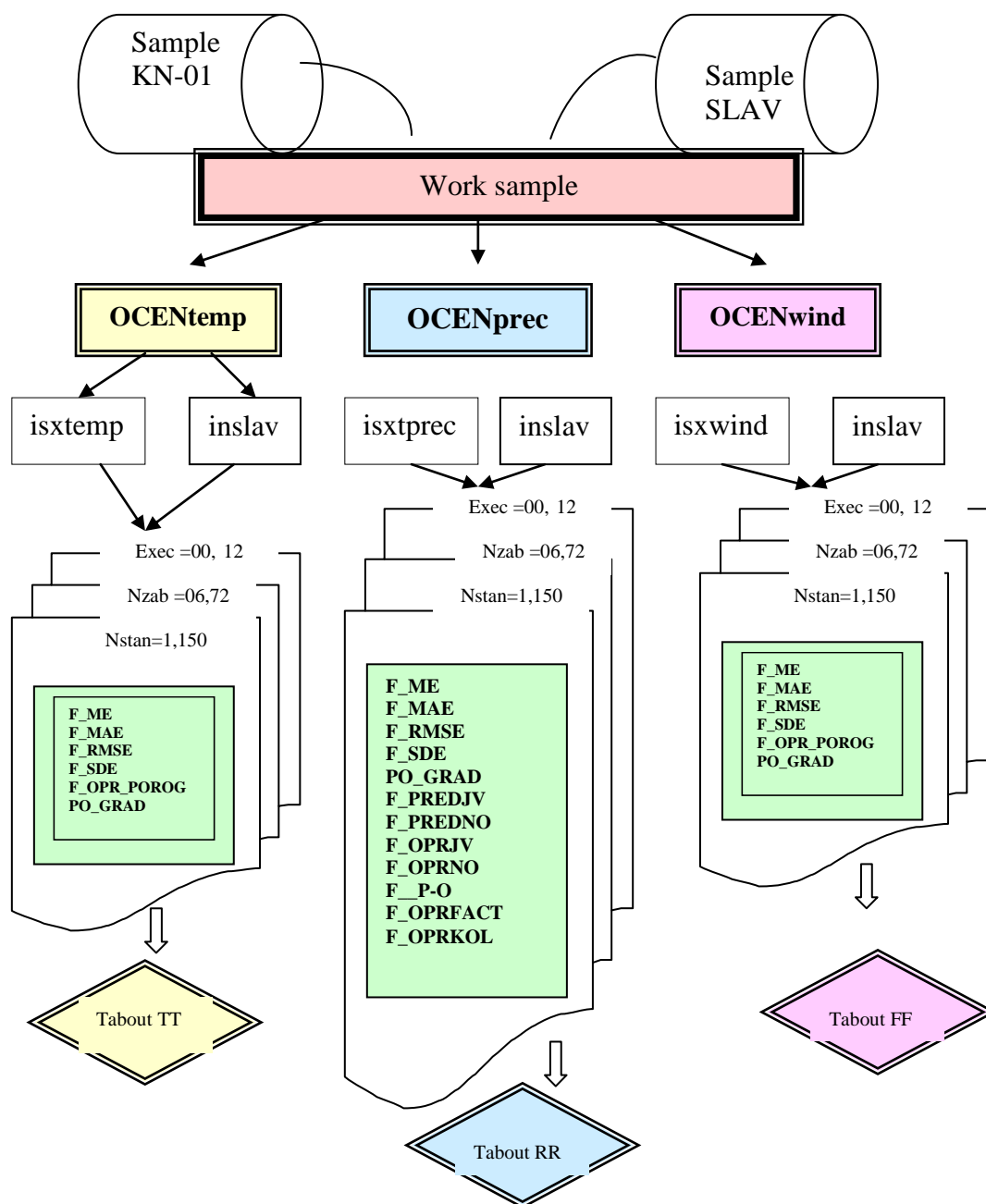


Рисунок 1 – Схема расчетных модулей оценок

1.2 Описание объективных модулей программы оценок

Расчет всех видов оценок прогнозов температуры воздуха, осадков и приземного ветра по станциям региона осуществляет загрузочный модуль (ОС Linux):

`/home/zder/SLAV/VERIFICATION/OPER/PO\slavestoper.exe`

Включает следующие программные модули:

`\mainocen.f` – главная программа.

Осуществляемые функции:

- Открывает файлы:

'index_woper' - список станций для оценок с индексами и координатами;

'slavestim.ini' - пропись путей к файлам с фактической информацией, к файлам с прогностической продукцией, к файлам с результирующими оценками.

- Вызывает подпрограммы:

OCEntemp - вычисляет оценки прогнозов приземной температуры воздуха;

OCEnpres - вычисляет оценки прогнозов осадков;

OCEnwind - вычисляет оценки прогнозов среднего и сильного приземного ветра.

- **OCEntemp.f** - получает оценки прогнозов приземной температуры воздуха.

Порядок операций:

- Ввод географических координат станций региона из файла 'index_woper'.

- Вычисление даты первого дня оценочного периода относительно системной (**datapr.f**), перевод ее в символы (**datsim.f**).

- В цикле по дням истекшего календарного месяца ввод фактической температуры из ежедневно формирующихся файлов по оперативным данным КН-01 из SQL-базы СибНИГМИ (**isxtem.f**).

- В том же цикле ввод прогностических температур из ежедневно формирующихся текстовых файлов прогнозов SLAV (**inslav.f**) за исходные сроки расчетов прогнозов - 00 и 12 ВСВ. Интерполяция прогнозов на станции по выбору исследователя: билинейная интерполяция; данные в ближайшем узле; среднее из данных в окружающих узлах (программа **extrpol.f**).

- Дополнительный ввод фактических данных на 4 суток вперед для оценки прогнозов на все заблаговременности (**isxtem.f**).

- В циклах по времени счета прогнозов (00 и 12 ВСВ), по заблаговременностям, по областям региона, по станциям формируются матрицы «прогноз-факт», производится расчет оценок.

В виде функций оформлены следующие оценки (**ocenki_sredn.f**):

F_ME - расчет арифметической (систематической) ошибки;

F_MAE - расчет абсолютной ошибки;

F_RMSE - расчет средне-квадратической ошибки;

F_SDE - расчет относительной ошибки;

F_OPR_POROG - оправдываемость прогнозов по «Наставлению»

(обеспеченность ошибки 3.5^0).

В виде подпрограммы оформлен расчет обеспеченности ошибок заданных градаций (1, 2, 3 и т.д. ^0C) - **PO_GRAD**.

- Расчет средних оценок по территории областей региона.

- Вывод результатов в таблицы оценок (**tabout.f**)

- **\OCENprec.f** - получает оценки прогнозов осадков.

Порядок операций:

- Ввод географических координат станций региона из файла 'index_woper'.

- Вычисление даты первого дня оценочного периода относительно системной (**datapr.f**), перевод ее в символы (**datsim.f**).

- В цикле по дням истекшего календарного месяца ввод фактических осадков из ежедневно формирующихся файлов по оперативным данным КН-01 из SQL-базы СибНИГМИ (**isxosad.f**).

- В том же цикле ввод прогностических осадков из ежедневно формирующихся текстовых файлов прогнозов SLAV (**inslav.f**) за исходные сроки расчетов прогнозов -00 и 12всв. При этом результат суммируется по двум параметрам: жидкие и твердые осадки и по срокам заблаговременности, так чтобы суммы составляли полусуточные соответственно фактически наблюдаемым. Интерполяция прогнозов на станции по выбору исследователя: билинейная интерполяция; данные в ближайшем узле; среднее из данных в окружающих узлах (программа **extrpol.f**).

- Дополнительный ввод фактических данных на 4 суток вперед для оценки прогнозов на все заблаговременности (**isxosad.f**).

- В циклах по времени счета прогнозов (00 и 12 всв), по заблаговременностям, по областям региона, по станциям формируются матрицы «прогноз-факт», производится расчет оценок.

В виде функций оформлены следующие оценки (**ocenki_sredn.f**):

F_ME - расчет арифметической (систематической) ошибки;

F_MAE - расчет абсолютной ошибки;

F_RMSE - расчет средне-квадратической ошибки;

F_SDE - расчет относительной ошибки;

В виде подпрограммы оформлен расчет обеспеченности ошибок заданных градаций (2, 4, 6, 12 и т.д. мм) -**PO_GRAD**.

-Дополнительный набор оценок прогнозов осадков содержится в модуле **ocenki_osadki.f**, в котором строится таблица сопряженности факта и прогноза (**TABL_SOPR_OSADKI**), рассчитываются показатели успешности с учетом различий в количественных градациях для жидких (**OCENKA_RAIN**) и твердых (**OCENKA_SNOW**) осадков. Фазовое состояние осадков условно определяется по фактической температуре в текущий срок наблюдения в основной программе.

Дополнительные функции оценок:

F_PREDJV – расчет предупрежденности наличия явления;

F_PREDNO - расчет предупрежденности отсутствия явления;

F_OPRJV - расчет оправдываемости наличия явления;

F_OPRNO - расчет оправдываемости отсутствия явления;

F_PIRSI - расчет критерия Птрси-Обухова

F_OPRФАКТ –оправдываемость прогнозов по факту выпадения осадков;

F_OPRKOL - оправдываемость прогнозов по количеству.

- Вывод результатов в таблицы оценок (**tabosad.f**).

- **\OCENwind.f** - получает оценки прогнозов скорости ветра.

Порядок операций:

- Ввод географических координат станций региона из файла 'index_woper'.

- Вычисление даты первого дня оценочного периода относительно системной (**datapr.f**), перевод ее в символы (**datsim.f**).

- В цикле по дням истекшего календарного месяца ввод фактических значений скорости ветра из ежедневно формирующихся файлов по оперативным данным КН-01 из SQL-базы СибНИГМИ (**isxwind.f**).

- В том же цикле ввод модельных параметров векторных составляющих ветра из ежедневно формирующихся текстовых файлов прогнозов SLAV (**inslav.f**) за исходные сроки расчетов прогнозов -00 и 12всв. Получение из них скалярной скорости ветра и

интерполяция прогнозов на станции по выбору исследователя: билинейная интерполяция; данные в ближайшем узле; среднее из данных в окружающих узлах (программа **extrpol.f**).

- Дополнительный ввод фактических данных на 4 суток вперед для оценки прогнозов на все заблаговременности (**isxwind.f**).

- В циклах по времени счета прогнозов (00 и 12 всв), по заблаговременностям, по областям региона, по станциям формируются матрицы «прогноз-факт», производится расчет оценок. В виде функций оформлены следующие оценки (**ocenki_statn.f**):

F_ME - расчет арифметической (систематической) ошибки;

F_MAE - расчет абсолютной ошибки;

F_RMSE - расчет средне-квадратической ошибки;

F_SDE - расчет относительной ошибки;

F_OPR_POROG - оправдываемость прогнозов.

В виде подпрограммы оформлен расчет обеспеченности ошибок заданных градаций (1, 2, 3 и т.д. м/с) -**PO_GRAD**.

- Вывод результатов в таблицы оценок (**tabout.f**).

1.3 Оценки прогнозов приземной температуры воздуха

Для сравнения прогнозов с фактическими наблюдениями данные модельных выпусков переводятся в нерегулярные точки пространства по координатам метеостанций по билинейной интерполяции.

С ноября 2012 года произведена замена начальных полей температуры поверхности океана и высоты снежного покрова на объективный анализ полей NCEP вместо анализа Багрова. Разница в качестве выходных результатов продемонстрирована на рисунках 2-3. Если в старом варианте прогнозы завышали температуру начиная от 5⁰С на севере территории до 10-12⁰С в Алтайском крае, то есть с максимальными ошибками в околоторных областях. То зимой в 2013 году (рисунок 3), напротив, максимальное завышение температуры в прогнозах отмечено на севере (ХМАО) и значение его существенно ниже: от 2⁰С на первые сроки до 6⁰С – на 72 ч. На остальной территории положительные систематические ошибки появляются преимущественно на ночные сроки прогноза. Необходимо отметить, что модельная реализация не «ловит» низкие температуры, свойственные сибирскому региону в зимнем периоде. Этот факт подтверждают результаты оценок за аномально теплый ноябрь 2013 года (рисунок 4). Наблюденные температуры на всей территории в ноябре редко опускались ниже 10⁰С, и

прогнозы ПЛАВ имеют независимо от роста заблаговременности низкий уровень ошибок и соответственно высокий уровень оправдываемости за исключением прогнозов на горных станциях.

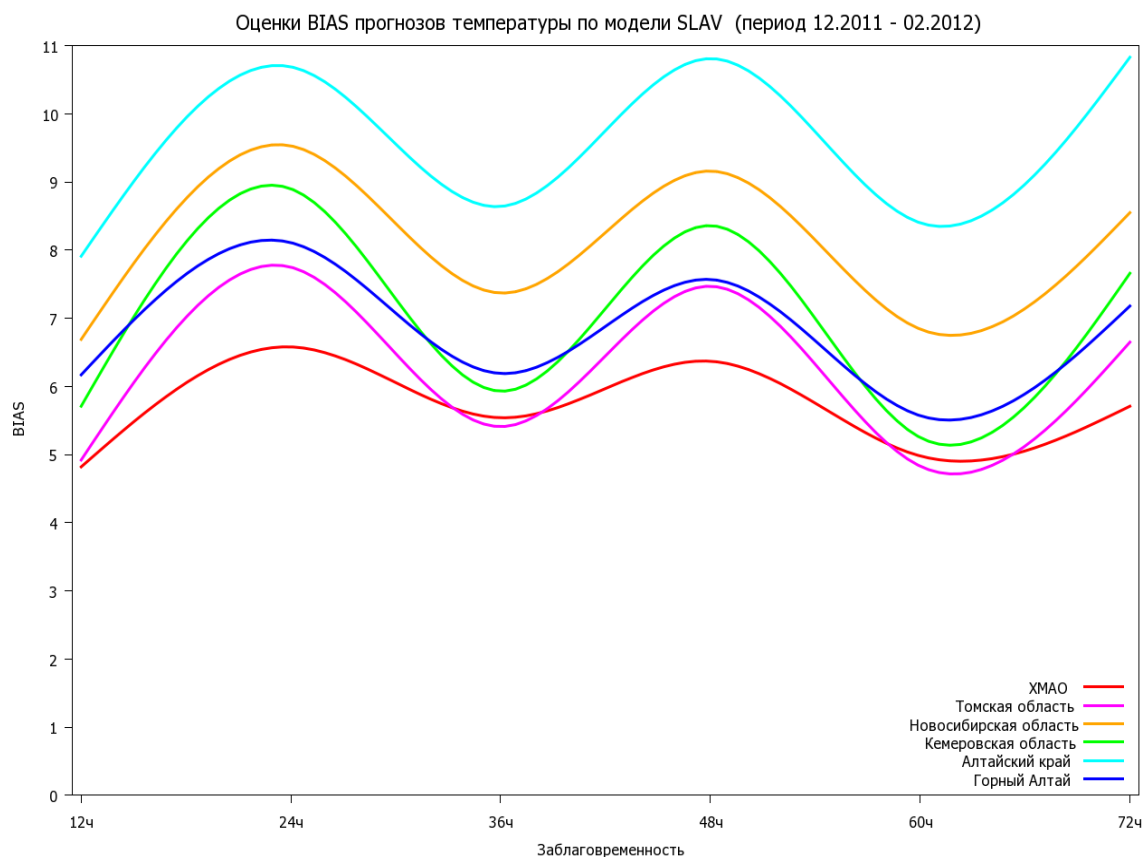


Рисунок 2 – Систематические ошибки прогнозов температуры по модели ПЛАВ в зимнем периоде 2011-2012 г.

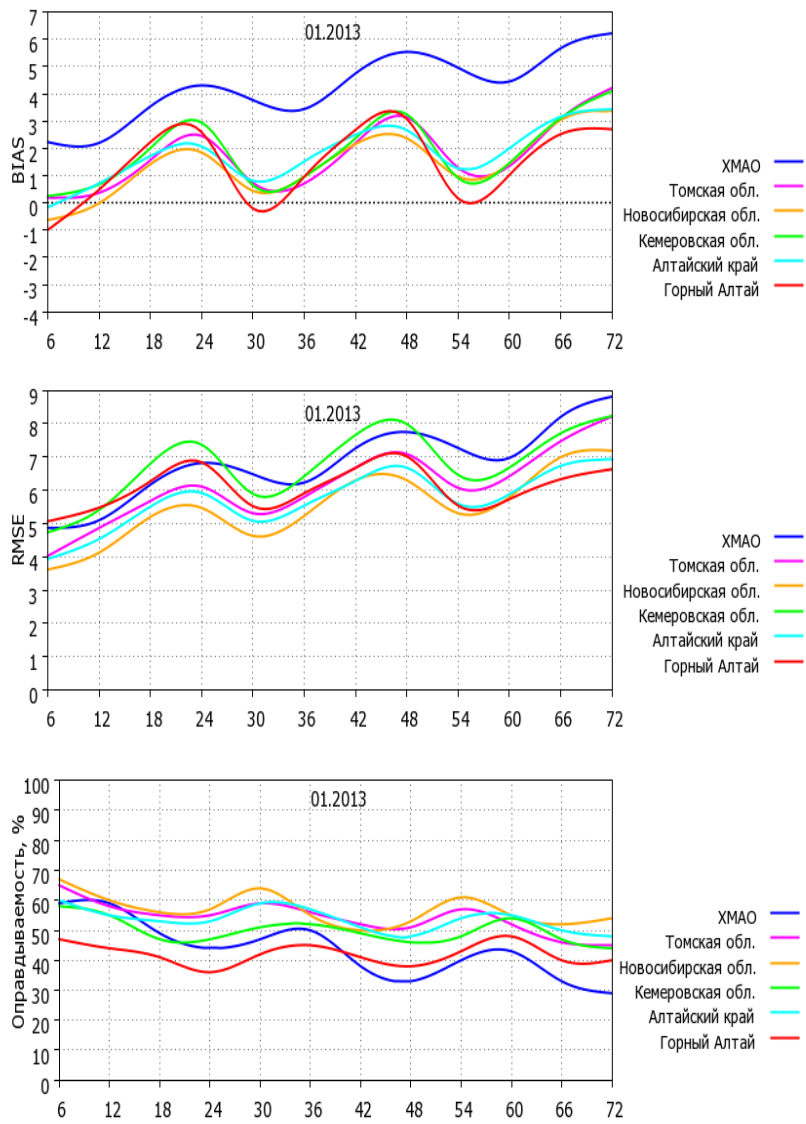


Рисунок 3 – Оценки прогнозов температуры по модели ПЛАВ за январь 2013 г.

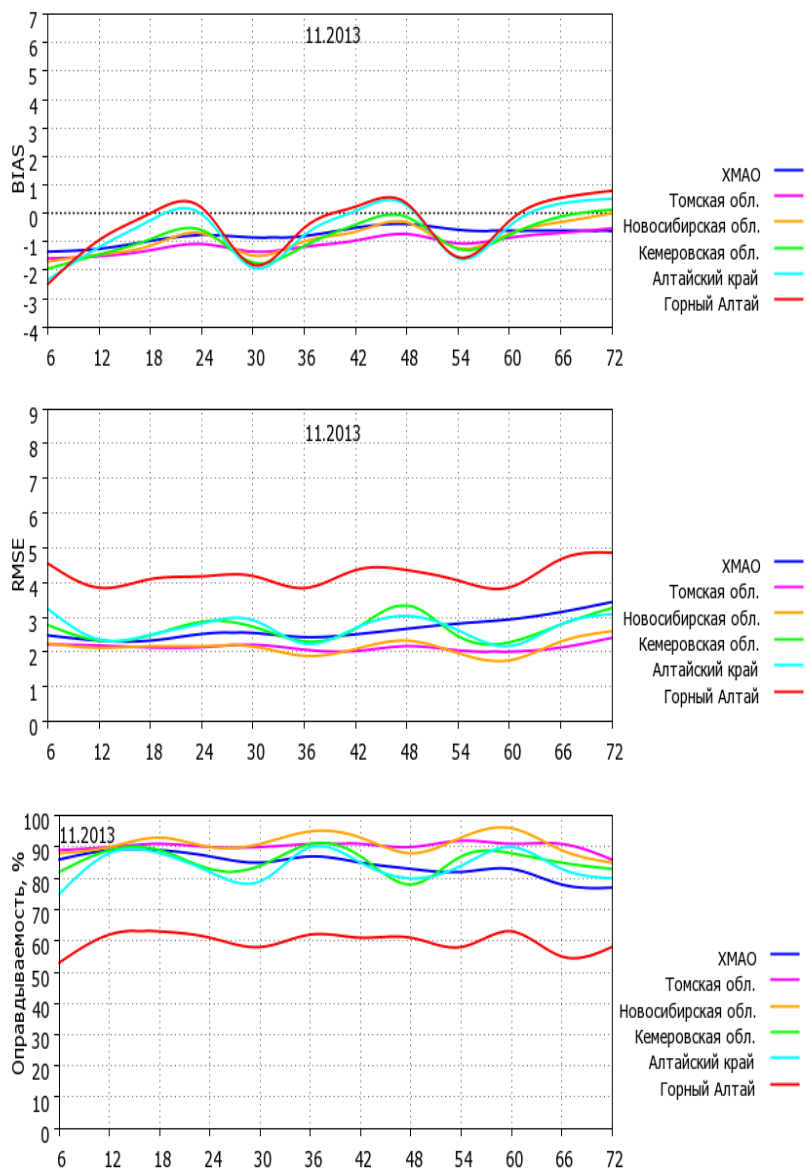


Рисунок 4 – Оценки прогнозов температуры по модели ПЛАВ за ноябрь 2013 г.

Систематические ошибки прогнозов температуры по модели ПЛАВ в летнем периоде имеют хорошо выраженный суточный ход на всей территории (рисунок 5): положительные в ночные часы и отрицательные – в дневные, хотя пространственное распределение величин также прослеживается. Наиболее устойчивое качество с абсолютной ошибкой около $2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ показали прогнозы на территории Новосибирской области. На севере (ХМАО) оправдываемость на 40-45% выше для ночных температур, на юго-востоке (Алтайский край – примерно настолько же выше для дневных температур).

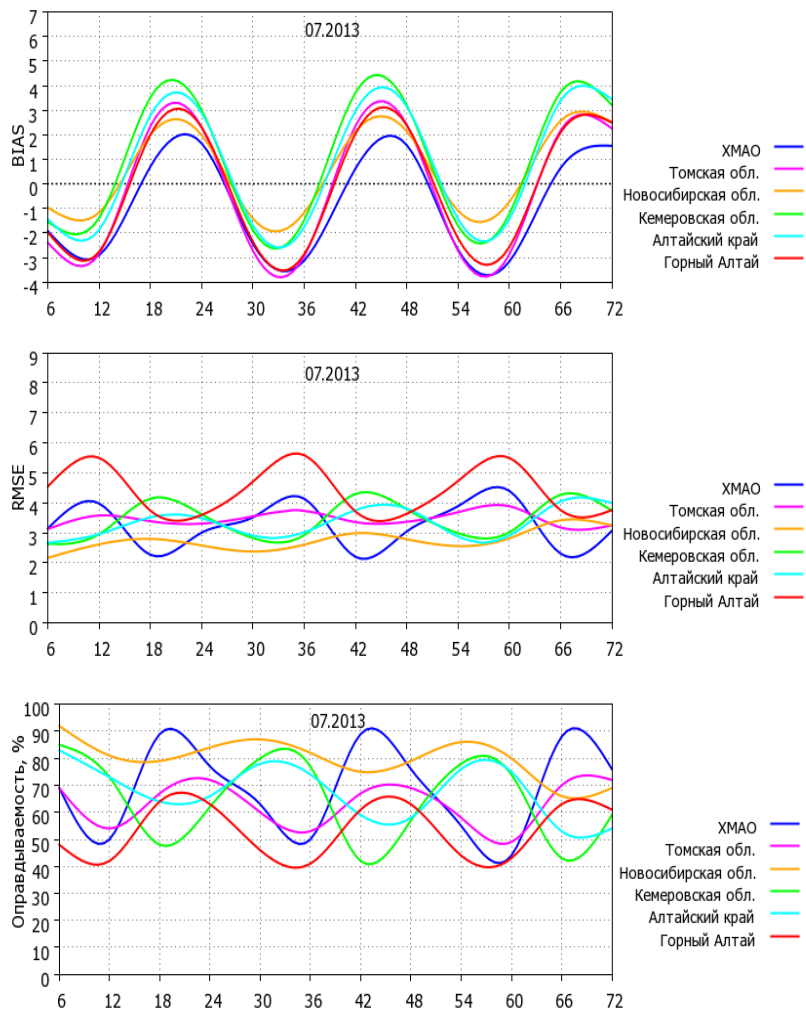


Рисунок 5 - Оценки прогнозов температуры по модели ПЛАВ за июль 2013 г.

1.4 Оценки прогнозов осадков

Получены оценки прогнозов осадков по месяцам 2012-2013 гг. по каждой станции региона и в среднем по областям. Отдельно оценена предупрежденность и оправдываемость сильных осадков. Примеры результатов по периодам года сведены в таблицы: за зимний - таблицы 1-2, за летний – таблицы 3-4.

В зимнем периоде модель ПЛАВ показала чрезвычайно низкие оценки предупрежденности наличия осадков, на севере в ночные сроки практически выпадение осадков не прогнозируется. Соответственно ситуации без осадков почти полностью совпадают, при этом почти в половине из прогнозируемых случаев на севере территории наблюдались осадки: оправдываемость по факту 47-60%. По удачным прогнозам количества осадков выделяется юго-восток - Алтайский край и Горный Алтай. Этот вывод подтверждают результаты прогнозов сильных (>6 мм) осадков (таблица 2): единичные прогнозы сильных осадков на юго-востоке региона по модели ПЛАВ практически совпадают с фактом. На соседней территории Новосибирской и частично Томской областей прогнозы «проваливаются».

Практически противоположная картина в летнем периоде: прогнозы по ПЛАВ удачно попадают в класс «осадки», при этом предупрежденность другого класса уровне 30-40% на большей части территории, лишь в горах без осадков прогнозируется реже. Результаты имеют суточный ход: в ночное время (24, 48, 72 ч) число прогнозируемых случаев с наличием осадков понижается, видимо, за счет исключения конвективных осадков. Что касается сильных (>15 мм) осадков (таблица 4), модель ПЛАВ предупреждает и оправдывает их лучше в дневные часы (12, 36, 60ч), в ночное время обе оценки варьируют на уровне 20-35%. Отметим, что в гористой местности Алтая прогнозы сильных осадков имеют высокую предупрежденность по модели ПЛАВ на первые двое суток (в районе 45-55%) при достаточно высоком уровне оправдываемости (40-60%).

Таблица 1 - Оценки прогнозов осадков по модели ПЛАВ. Зимний период (февраль- март 2013г.)

Область	BIAS	Предупр. наличия(%)	Предупр. отсутст.(%)	Оправдываемость факта (%)	Оправдываемость количества (%)
Заблаговременность 12 часов					
XMAO	-0.4	8	97	55	72
TOMSK	-0.6	24	95	53	68
NOVOS	-0.4	34	94	65	76
KEMER	-0.4	37	93	60	71
ALTAI	-0.3	53	93	79	81
GORNY	0.0	65	76	73	79
Заблаговременность 24 часа					
XMAO	-0.4	2	98	52	69
TOMSK	-0.9	5	95	47	64
NOVOS	-0.3	17	93	63	77
KEMER	-0.8	23	93	58	68
ALTAI	-0.2	35	87	72	80
GORNY	-0.1	69	86	81	85
Заблаговременность 36 часов					
XMAO	-0.4	7	98	56	73
TOMSK	-0.6	22	95	53	69
NOVOS	-0.4	36	89	62	75
KEMER	-0.4	42	82	59	71
ALTAI	-0.4	64	86	79	82
GORNY	0.0	67	74	72	79
Заблаговременность 48 часов					
XMAO	-0.5	3	99	51	68
TOMSK	-0.9	6	97	50	65
NOVOS	-0.4	12	94	62	77
KEMER	-0.8	24	87	55	67
ALTAI	-0.2	55	85	72	80
GORNY	-0.2	67	82	78	82
Заблаговременность 60 часов					
XMAO	-0.5	8	99	55	71
TOMSK	-0.6	22	95	54	69
NOVOS	-0.5	30	91	61	74
KEMER	-0.5	33	82	54	69
ALTAI	-0.5	64	84	77	81
Заблаговременность 72 часа					
GORNY	0.0	56	75	69	79
XMAO	-0.5	1	100	50	68
TOMSK	-0.8	4	98	51	67
NOVOS	-0.4	10	97	65	78
KEMER	-0.8	22	87	55	66
ALTAI	-0.0	41	85	72	78
GORNY	-0.3	53	80	72	78

Таблица 2 - Предупрежденность (П) и оправдываемость (О) прогнозов сильных осадков по модели ПЛАВ. Зимний период (февраль- март 2013г.).

Область	Число фактич.	П (%)	Число прогнозов	О(%)
Заблаговременность 12 часов				
XMAO	9	0	0	-
TOMSK	9	0	0	-
NOVOS	17	0	0	-
KEMER	25	8	5	60
ALTAI	32	2	11	64
GORNY	3	25	6	14
Заблаговременность 24 часа				
XMAO	6	0	0	-
TOMSK	25	0	0	-
NOVOS	16	44	12	0
KEMER	33	16	5	100
ALTAI	21	0	0	-
GORNY	12	36	5	100
Заблаговременность 36 часов				
XMAO	10	0	0	-
TOMSK	9	0	0	-
NOVOS	7	0	0	-
KEMER	25	3	5	100
ALTAI	32	26	14	78
GORNY	4	25	7	17
Заблаговременность 48 часов				
XMAO	6	0	0	-
TOMSK	27	0	0	-
NOVOS	16	0	1	-
KEMER	33	3	1	67
ALTAI	21	0	0	-
GORNY	12	17	2	50
Заблаговременность 60 часов				
XMAO	9	0	0	-
TOMSK	9	0	0	-
NOVOS	17	0	0	-
KEMER	22	18	4	100
ALTAI	33	22	9	78
GORNY	3	33	6	17
Заблаговременность 72 часа				
XMAO	4	0	0	-
TOMSK	23	0	0	-
NOVOS	18	0	0	-
KEMER	33	6	3	67
ALTAI	21	0	16	0
GORNY	12	8	2	50

Таблица 3 - Оценки прогнозов осадков по модели ПЛАВ. Летний период (июль-август 2013г.)

Область	BIAS	Предупр. наличия(%)	Предупр. отсутст.(%)	Оправдываемость факта (%)	Оправдываемость количества (%)
Заблаговременность 12 часов					
XMAO	1.0	91	42	59	59
TOMSK	1.0	92	45	61	59
NOVOS	1.1	94	35	58	51
KEMER	0.1	94	36	63	55
ALTAI	1.2	95	31	55	48
GORNY	1.3	99	18	62	49
Заблаговременность 24 часа					
XMAO	0.3	83	44	54	65
TOMSK	0.3	86	51	62	70
NOVOS	0.1	88	42	59	63
KEMER	-0.5	88	39	57	62
ALTAI	0.1	90	38	54	60
GORNY	0.9	92	24	57	58
Заблаговременность 36 часов					
XMAO	1.1	89	35	54	55
TOMSK	1.5	94	37	58	53
NOVOS	1.0	97	34	59	51
KEMER	0.3	94	36	64	54
ALTAI	1.6	97	28	53	47
GORNY	2.5	99	15	60	44
Заблаговременность 48 часов					
XMAO	0.1	80	40	51	64
TOMSK	0.1	84	43	56	65
NOVOS	-0.1	86	46	60	63
KEMER	-0.2	85	42	58	62
ALTAI	0.0	86	37	52	60
GORNY	0.0	93	24	57	59
Заблаговременность 60 часов					
XMAO	1.1	87	32	52	54
TOMSK	1.2	93	38	57	52
NOVOS	0.9	95	39	60	53
KEMER	0.9	96	34	62	50
ALTAI	1.8	95	28	51	47
GORNY	2.0	98	20	61	48
Заблаговременность 72 часа					
XMAO	0.2	73	44	52	63
TOMSK	0.0	78	49	58	67
NOVOS	-0.2	77	50	60	62
KEMER	0.4	83	44	58	60
ALTAI	0.2	84	43	55	60
GORNY	0.4	90	35	61	59

Таблица 4 - Предупрежденность (П) и оправдываемость (О) прогнозов сильных осадков по модели ПЛАВ. Летний период (июль-август 2013г.)

Область	Число фактич.	П (%)	Число прогнозов	О (%)
Заблаговременность 12 часов				
XMAO	83	53	161	25
TOMSK	96	51	138	35
NOVOS	223	55	280	41
KEMER	168	30	84	52
ALTAI	180	47	237	32
GORNY	76	52	106	37
Заблаговременность 24 часа				
XMAO	56	34	47	38
TOMSK	75	37	50	44
NOVOS	195	30	135	38
KEMER	113	15	39	36
ALTAI	153	26	110	30
GORNY	76	46	74	42
Заблаговременность 36 часов				
XMAO	85	46	149	25
TOMSK	100	45	164	27
NOVOS	226	41	248	35
KEMER	169	27	116	35
ALTAI	176	36	193	30
GORNY	81	57	129	32
Заблаговременность 48 часов				
XMAO	56	25	46	30
TOMSK	78	21	48	29
NOVOS	188	23	135	30
KEMER	118	22	64	33
ALTAI	145	19	97	25
GORNY	75	41	55	60
Заблаговременность 60 часов				
XMAO	87	33	145	19
TOMSK	103	29	122	21
NOVOS	219	29	231	25
KEMER	167	28	152	26
ALTAI	175	37	263	22
GORNY	75	49	105	30
Заблаговременность 72 часа				
XMAO	61	30	60	28
TOMSK	75	23	55	27
NOVOS	184	18	114	27
KEMER	109	27	89	28
ALTAI	137	16	104	18
GORNY	72	38	59	44

1.5 Оценки прогнозов ветра

Качество прогнозов скорости среднего ветра лучше оценить в сравнении с прогнозами по другим моделям, поскольку методика оценок этого параметра приводит к высоким значениям оправдываемости. Сравнение оценок прогнозов скорости среднего ветра по моделям ПЛАВ и COSMO приведено на рисунках 6-7. Видно, что в летнем периоде прогнозы ПЛАВ в среднем ближе к факту по всей территории, но разница систематической ошибки с COSMO составляет меньше 1 м/с. Зимой возрастает неравномерность распределения ошибок по пространству прогнозов ПЛАВ: в околоторных районах (Новосибирская область, Алтайский край) появляются пики завышения скоростей. В результате прогнозы COSMO для этих районов качественнее (на 5-8%).

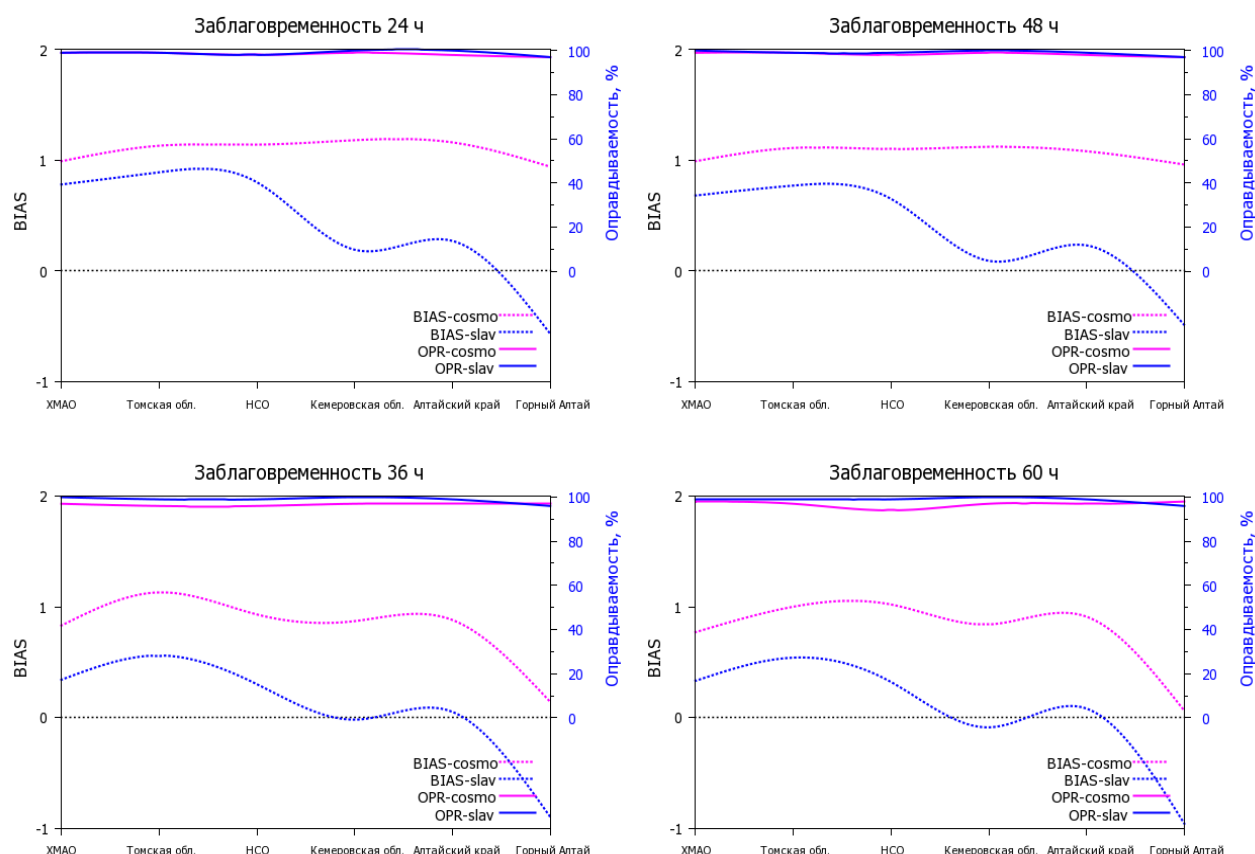


Рисунок 6 – Оценки прогнозов среднего ветра. Летний период (июль-август 2013).

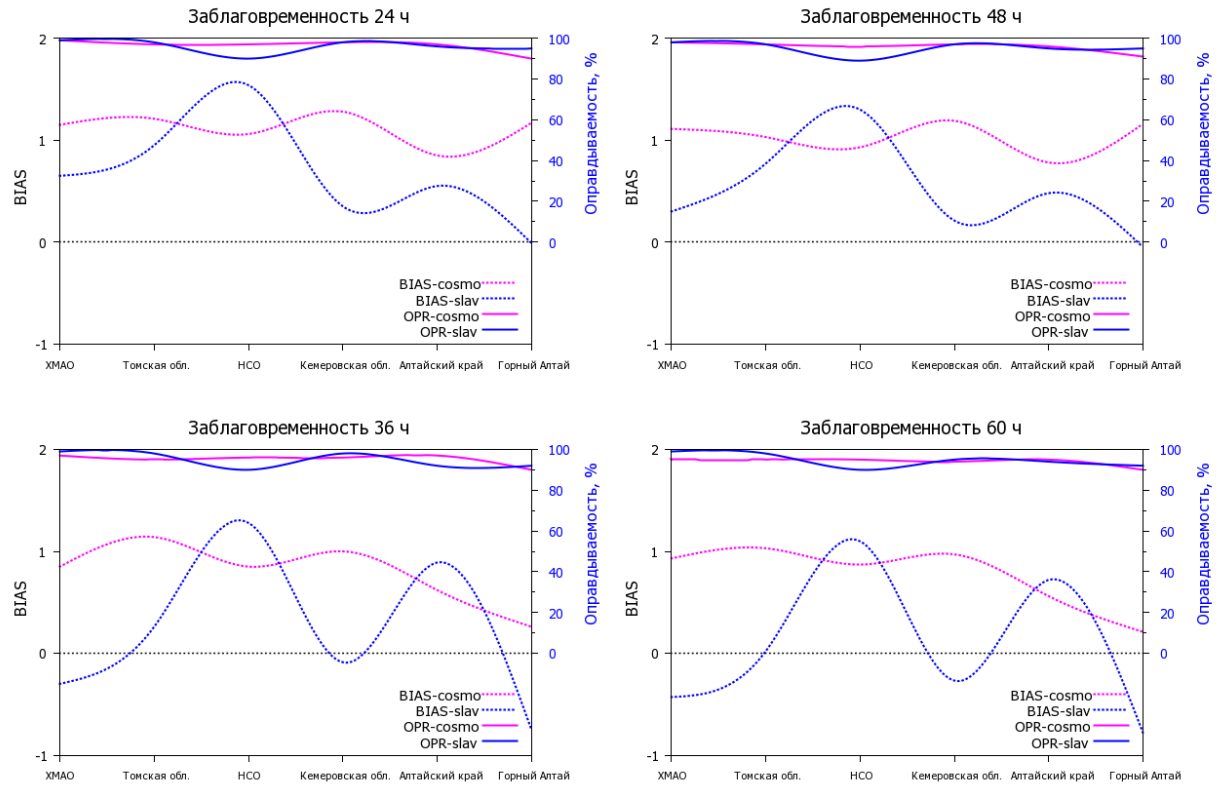


Рисунок 7 – Оценки прогнозов среднего ветра. Зимний период (февраль-март 2013)

2 ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРОГНОЗОВ ПЛАН

Наличие систематических ошибок, имеющих суточный и зональный ход, особенно заметный в летнем периоде, позволяет применить алгоритм коррекции на базе линейных уравнений, построенных на минимизации ошибки:

$$T_{\text{fact}}=a+bT_{\text{mod}} \quad 1$$

где T_{fact} и T_{mod} - фактическая и модельная температуры.

Считается, что эффективность MOS интерпретации напрямую связана с величиной рабочей выборки. В нашем случае стабильные расчеты по модели SLAV стартовали во второй половине 2011 года. Кроме того, отдельные блоки модели SLAV подвергались оптимизации в ходе наших разработок. В силу этих причин рабочие выборки для подходов интерпретации были ограничены. Циклически заполняемые выборки из 30-40 предшествующих текущему дню пар прогноз-факт позволили провести первые эксперименты. Коэффициенты уравнений рассчитывались для каждой станции и для каждого срока заблаговременности каждый раз на вновь сформированной выборке. Расчеты поправок для прогнозов температуры на материале летних периодов 2012 и 2013 годов эффективностью даже такого простого варианта MOS: систематические ошибки прогноза приблизились к нулю во всех областях региона и для всего периода заблаговременности, возросла оправдываемость прогнозов (рисунок 8). В ряде областей (Кемеровская, Новосибирская, Алтайский край) после интерпретации прогнозы на ночь достигают 95%-ной точности и превышают по качеству дневные.

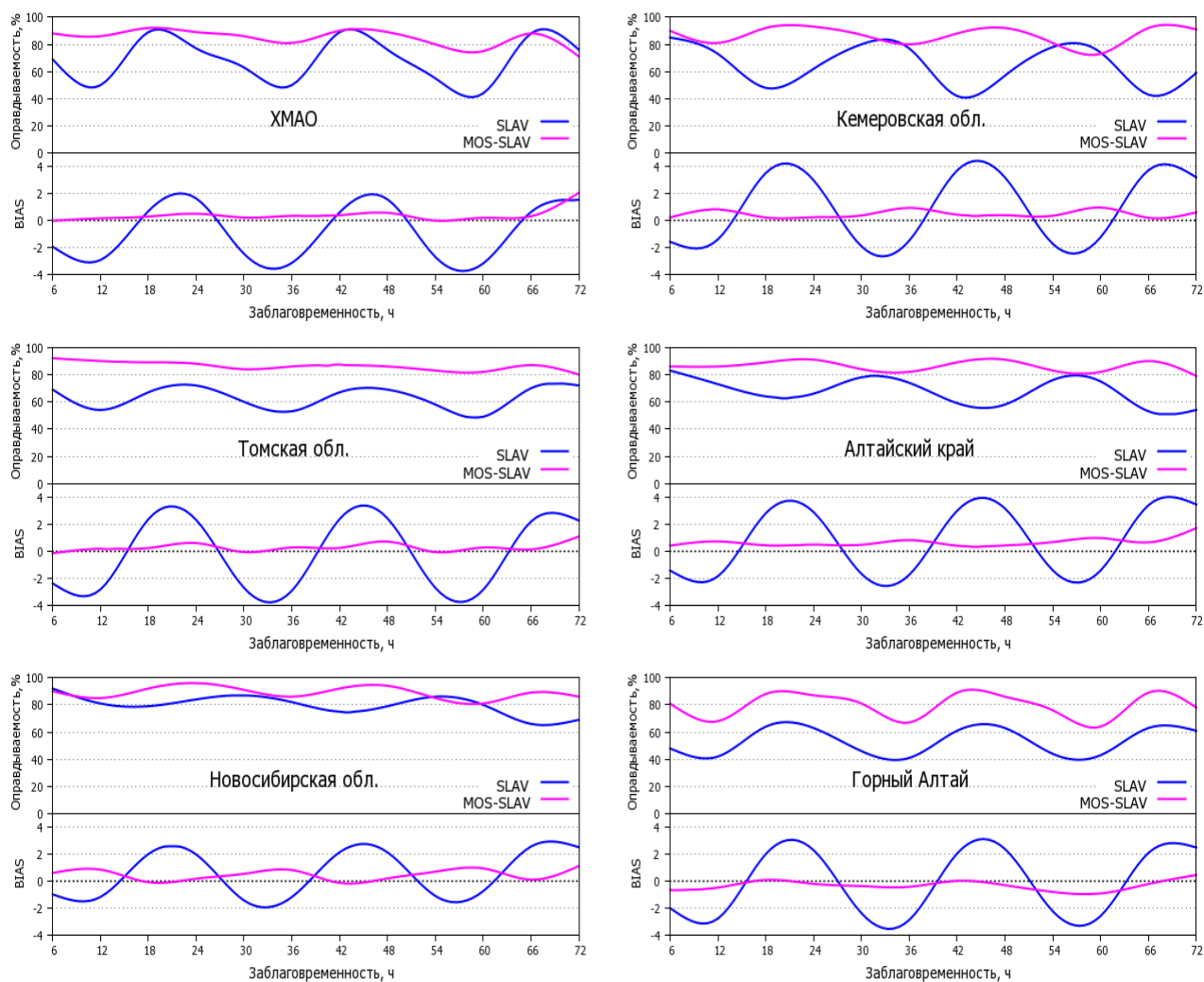


Рисунок 8 – Оправдываемость и систематические ошибки прогнозов температуры по модели ПЛАВ до и после интерпретации (июль 2013г).

Пример, когда байес-коррекция практически не изменила изначальную оправдываемость модельных прогнозов приведен на рисунке 9. Как уже было отмечено в предыдущем разделе отчета, в ноябре 2013 года прогнозы имели высокую точность, поэтому введение расчетных поправок улучшило прогнозы в основном на первый шестичасовой срок.

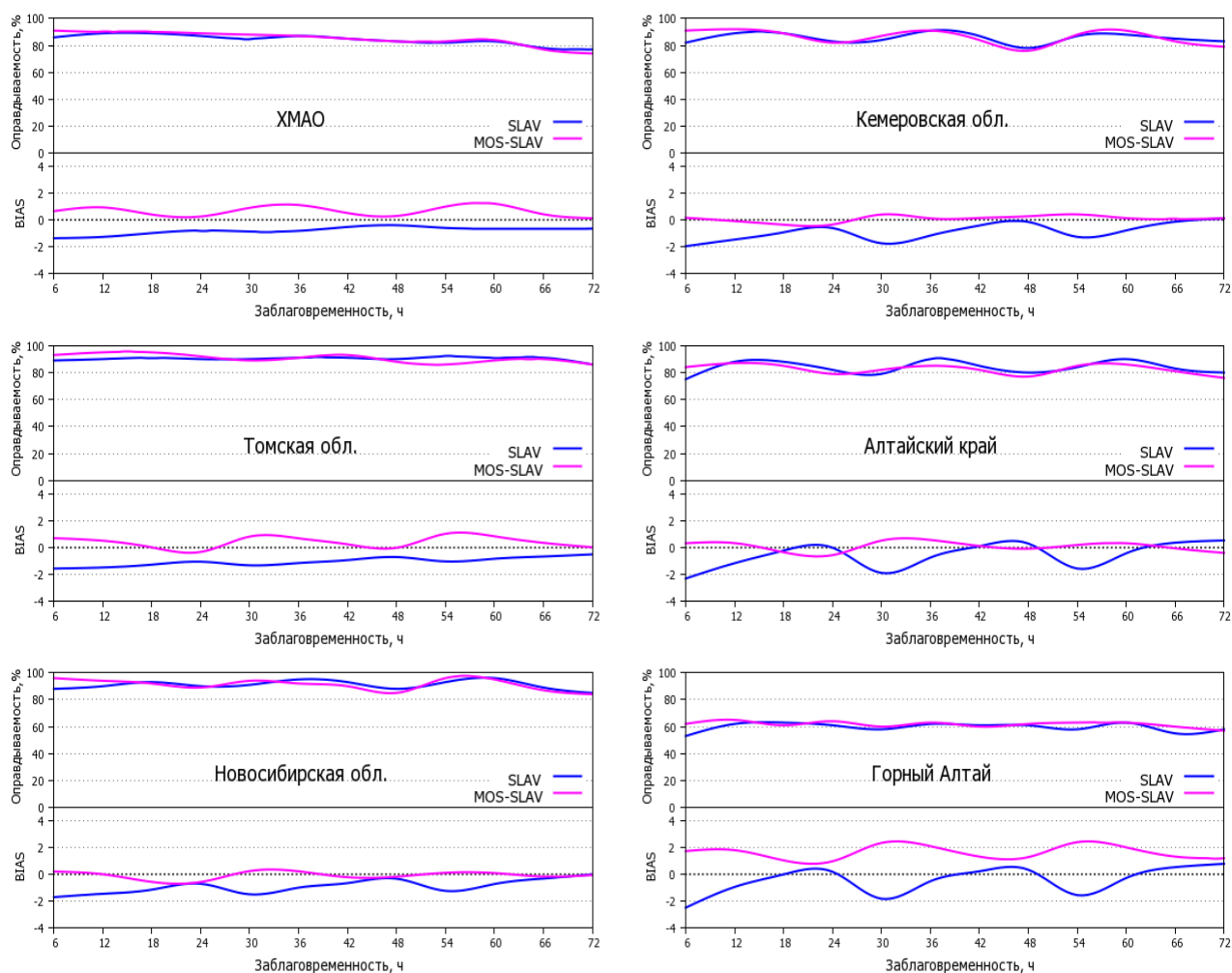


Рисунок 9 – Оправдываемость и систематические ошибки прогнозов температуры по модели ПЛАВ до и после интерпретации (ноябрь 2013г).

Примеры изменения результатов после коррекции прогнозов скорости приземного ветра в зимнем и летнем периоде приведены на рисунках 10-11. Оправдываемость прогнозов среднего ветра по модели ПЛАВ высока - 97%-99%, поэтому для информативности оценок выбрана среднеквадратическая ошибка, которая чувствительна на грубые несоответствия факту. Видно, что наиболее заметное снижение ошибок произошло в тех районах, где имелись систематические отклонения (Новосибирская, Томская области). Когда систематические ошибки близки к нулю, модельный прогноз чаще всего максимально точен и алгоритм коррекции не изменяет его качество. Однако на горной части Алтая в зимнее время после коррекции максимальные отклонения уменьшились, несмотря на то, что они были несистематическими.

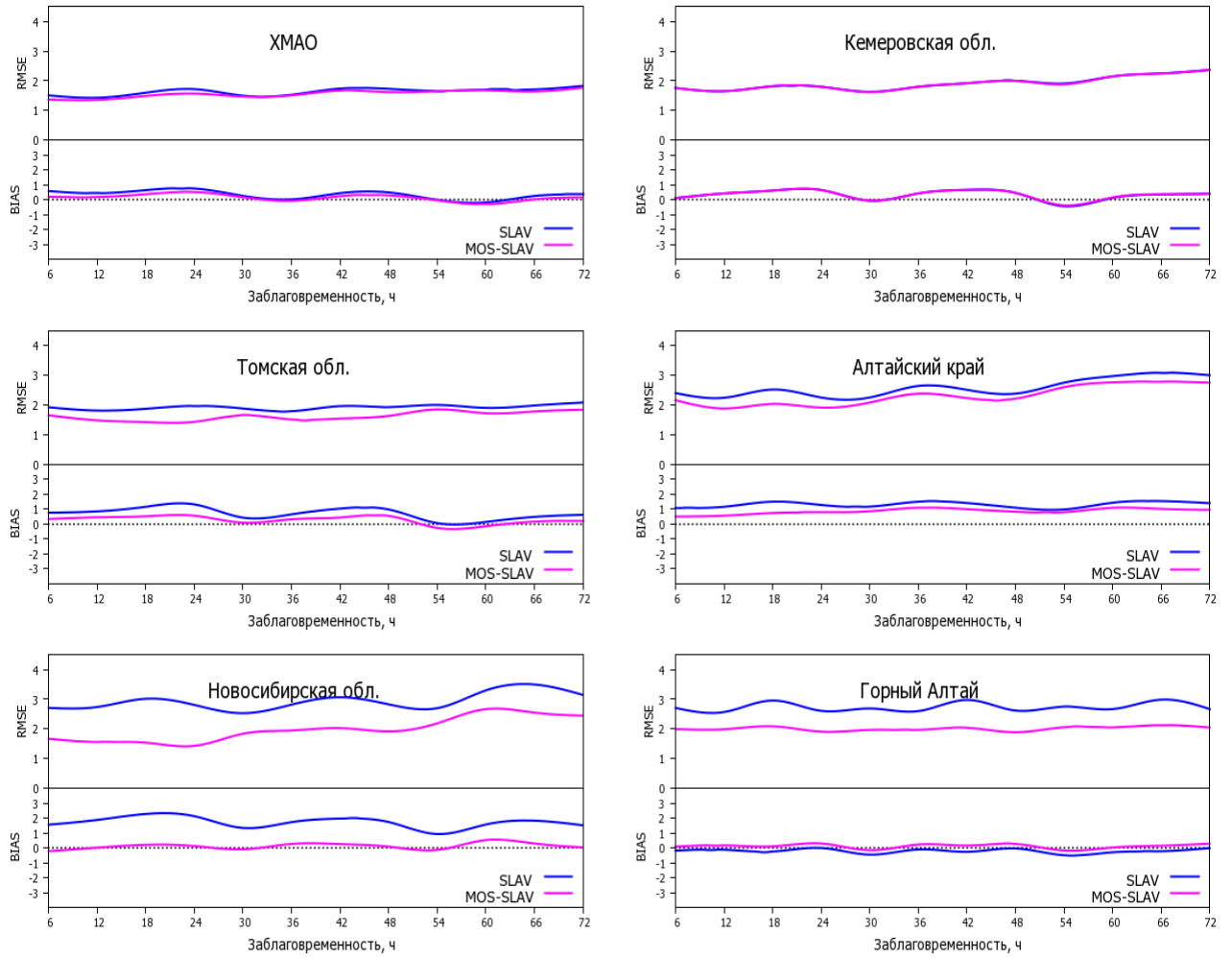


Рисунок 10 – Среднеквадратические и систематические ошибки прогнозов скорости приземного ветра по модели ПЛАВ до и после интерпретации (февраль-март 2013г).

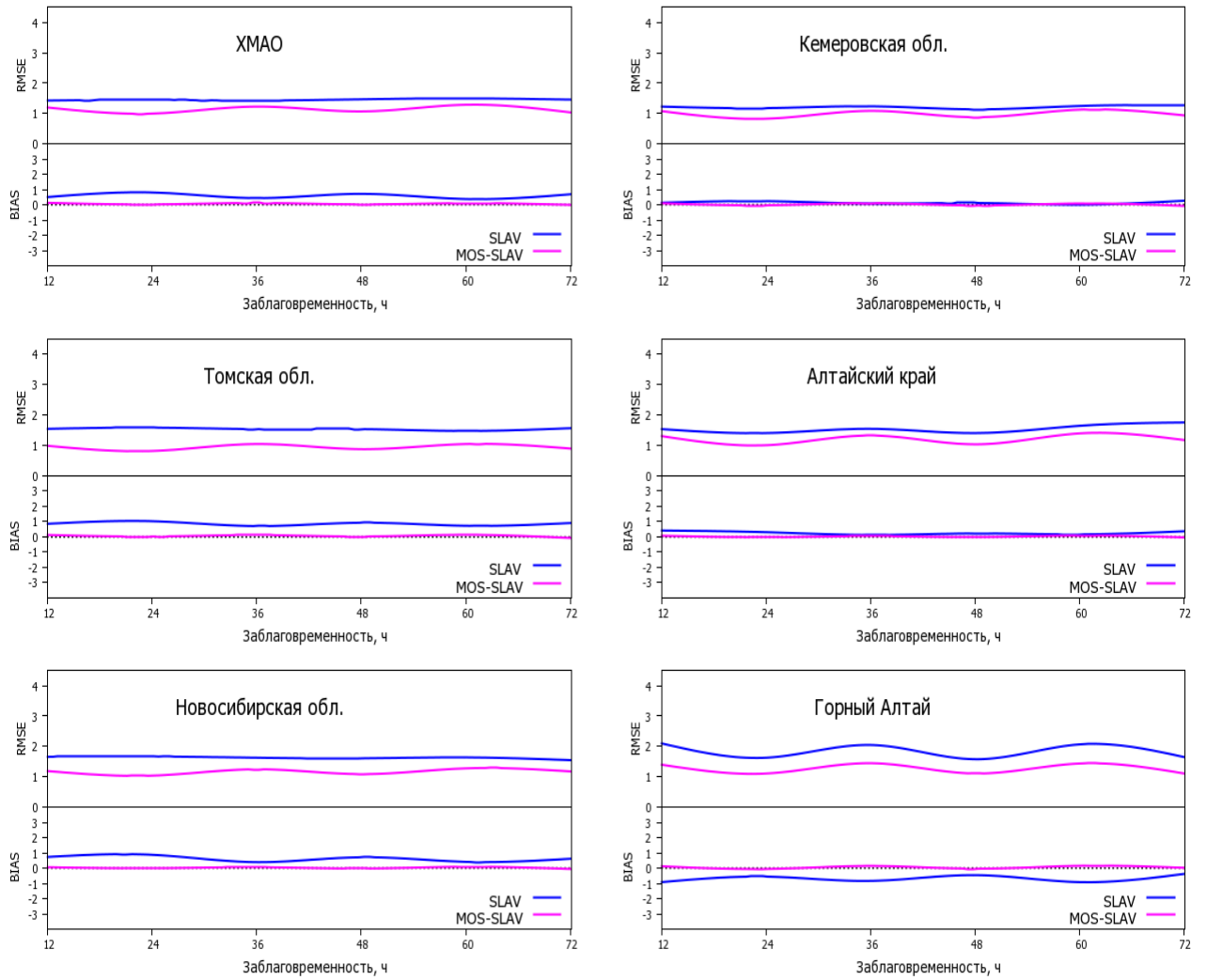


Рисунок 11 – Среднеквадратические и систематические ошибки прогнозов скорости приземного ветра по модели ПЛАВ до и после интерпретации (июль-август 2013г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Западно-Сибирском региональном информационно-вычислительном центре (ЗСРИВЦ - Новосибирск) реализована одна из версий модели ПЛАВ: зона охвата прогнозов на картах составляет $50^{\circ} - 110^{\circ}$ восточной долготы и $40^{\circ} - 60^{\circ}$ северной широты, шаг по широте - 0.56249, а по долготе -0.26197 градуса. Налажена система получения начальных и граничных данных, запуск расчетных блоков, вывод результатов в картографическом и GRIB форматах.

С момента получения модельных выпусков в СибНИГМИ налажена технология отображения выходной продукции ПЛАВ в картографическом формате и хранения в GRIB-формате. Этот шаг позволил разработать программные модули для верификации и интерпретации гидродинамических прогнозов.

В отчете представлены технологические блоки оценочных программ, результаты анализа оценок прогнозов температуры воздуха, осадков, ветра по территории Западной Сибири по сезонам года.

Подготовлено и внедрено программное обеспечение для автоматизированной MOS-интерпретации прогнозов на базе коэффициентов линейной регрессии между прогностическим и фактическим значением (байес-коррекция). Приведены результаты экспериментов коррекции прогнозов температуры, скорости среднего ветра у земли. Шаг пост-обработки приближает к нулю систематические ошибки и уменьшает абсолютные, повышая оправдываемость.

Результаты MOS-интерпретации прогнозов ПЛАВ участвуют в схеме комплексации модельных прогнозов, разработанной и внедренной в СибНИГМИ для станций Западной Сибири.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Толстых М.А. Полулагранжева модель атмосферы с высоким разрешением для численного прогноза погоды // Метеорология и гидрология.- 2001.- №4.- С.5-16.
2. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов.- Л.: Гидрометеоздат, 1991.- 149с.
3. РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения.- Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009.- 50с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Список метеорологических станций на территории Западной Сибири

№	Индекс	Наименование	Геогр. широта	Геогр. долгота
ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ - ЮГРА				
001	23471	НИЖНЕВАРТОВСКИЙ	60.8	76.6
002	23527	САРАН-ПАУЛЬ	64.3	60.9
003	23625	СОСЬВА	63.6	62.0
004	23629	ИГРИМ	63.2	64.5
005	23631	БЕРЕЗОВО	63.9	65.0
006	23632	КАЗЫМ	64.7	67.2
007	23635	ЮИЛЬСК	63.7	69.6
008	23724	НЯКСИМВОЛЬ	62.4	60.9
009	23734	ОКТЯБРЬСКОЕ	62.4	66.0
010	23741	НИЖНЕСОРТЫМСК	62.8	71.7
011	23748	КОГАЛЫМ	62.2	74.5
012	23758	РАДУЖНЫЙ	62.1	77.3
013	23823	ВОНЬЕГАН	61.7	64.3
014	23847	СЫТОМИНО	61.3	71.2
015	23848	НЕФТЕЮГАНСК	61.0	72.4
016	23849	СУРГУТ	61.2	73.5
017	23862	КОРЛИКИ	61.8	82.2
018	23867	ЛАРЬЯК	61.3	80.0
019	23929	ШАИМ	60.3	64.2
020	23933	ХАНТЫ-МАНСИЙСК	61.0	69.1
021	23939	АЛТАЙ	60.3	70.0
022	23946	УГУТ	60.5	74.0
023	23953	ВАХОВСК	61.0	78.8
024	28064	ЛЕУШИ	59.6	65.8
025	28066	КОНДИНСКОЕ	59.6	67.4
026	28097	ТАУРОВО	59.5	73.3
027	28165	КУМИНСКАЯ	58.8	66.0
ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ				
028	23955	АЛЕКСАНДРОВСКОЕ	60.4	77.9
029	23966	ВАНЖИЛЬ-КЫНАК	60.3	84.1
030	29016	ПРОХОРКИНО	59.5	79.5
031	29023	НАПАС	59.9	82.0
032	29037	БЕРЕЗОВКА	59.3	82.6
033	29111	СРЕДНИЙ ВАСЮГАН	59.2	78.2
034	29122	КАРГАСОК	59.0	80.9
035	29128	ПАРАБЕЛЬ	58.7	81.5
036	29149	СТЕПАНОВКА	58.7	86.8
037	29154	УСТЬ-ОЗЕРНОЕ	58.9	87.8
038	29203	НОВЫЙ ВАСЮГАН	58.5	76.5
039	29209	МАЙСК	57.8	77.3
040	29224	СТАРИЦА	58.2	80.6
041	29231	КОЛПАШЕВО	58.3	82.9

Продолжение таблицы А.1

№	Индекс	Наименование	Геогр. широта	Геогр. долгота
042	29237	ПОДГОРНОЕ	57.8	82.7
043	29247	БАТУРИНО	57.8	85.1
044	29313	ПУДИНО	57.5	79.4
045	29328	БАКЧАР	57.1	81.9
046	29332	МОЛЧАНОВО	57.6	83.8
047	29348	ПЕРВОМАЙСКОЕ	57.1	86.2
048	29355	ТЕГУЛЬДЕТ	57.3	88.1
049	29430	ТОМСК	56.4	85.0
050	29532	КОЖЕВНИКОВО	56.3	84.0
НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ				
051	29405	КЫШТОВКА	56.6	76.6
052	29418	СЕВЕРНОЕ	56.3	78.3
053	29500	УСТЬ-ТАРКА	55.6	75.7
054	29508	ВЕНГЕРОВО	55.7	76.8
055	29524	КРЕЩЕНКА	55.8	80.0
056	29539	БОЛОТНОЕ	55.7	84.4
057	29602	ЧАНЫ	55.3	76.8
058	29605	ТАТАРСК	55.2	76.0
059	29612	БАРАБИНСК	55.4	78.4
060	29613	УБИНСКОЕ	55.3	79.6
061	29614	КВАШНИНО	55.0	77.9
062	29623	Н-СК ЕЛЬЦОВКА	55.0	83.0
063	29624	КАРГАТ	55.2	80.3
064	29625	ЧУЛЫМ	55.1	81.0
065	29626	КОЧЕНЕВО	55.0	82.2
066	29630	ТОЛМАЧЕВО-АМЦ	55.0	82.7
067	29631	КОЛЫВАНЬ	55.3	82.8
068	29632	МОШКОВО	55.3	83.6
069	29635	ОБСКАЯ ГМО	54.8	82.9
070	29636	ТОГУЧИН	55.2	84.4
071	29637	УЧЕБНАЯ ГМС	55.0	82.9
072	29638	ОГУРЦОВО	54.9	83.0
073	29702	ЧИСТООЗЕРНОЕ	54.7	76.6
074	29706	КУПИНО	54.4	77.3
075	29708	БАГАН	54.1	77.7
076	29712	ЗДВИНСК	54.7	78.7
077	29716	ДОВОЛЬНОЕ	54.5	79.7
078	29722	УЖАНИХА	54.7	81.1
079	29723	О.ДАЛЬНИЙ	54.5	82.3
080	29724	КОЧКИ	54.3	80.5
081	29726	ОРДЫНСКОЕ	54.4	81.9
082	29730	ИСКИТИМ	54.6	83.3
083	29735	ПОСЕВНАЯ	54.3	83.4
084	29736	МАСЛЯНИНО	54.3	84.2
085	29813	КРАСНООЗЕРСК	54.0	79.2
086	29814	КАРАСУК	53.7	78.1
087	29823	СУЗУН	53.8	82.3

Продолжение таблицы А.1

№	Индекс	Наименование	Геогр. широта	Геогр. долгота
КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ				
088	29536	ЮРГА	55.7	84.8
089	29540	ЯЯ	56.2	86.5
090	29541	ТАЙГА	56.1	85.6
091	29548	БАРЗАС	55.7	86.3
092	29551	МАРИИНСК	56.2	87.8
093	29552	ТЯЖИН	56.1	88.5
094	29553	БОГОТОЛ	56.2	89.6
095	29641	ТОПКИ	55.3	85.6
096	29642	КЕМЕРОВО-АМСГ	55.4	86.1
097	29644	ПРОМЫШЛЕННАЯ	54.9	85.7
098	29645	КЕМЕРОВО	55.3	86.2
099	29649	КРАПИВИНО	55.0	86.8
100	29654	ЦЕНТР. РУДНИК	55.2	87.6
101	29741	КРАСНОЕ	54.6	85.4
102	29745	БЕЛОВО	54.3	85.9
103	29749	КИСЕЛЕВСК	54.0	86.6
104	29846	НОВОКУЗНЕЦК-АМСГ	53.7	87.2
105	29849	КУЗЕДЕЕВО	53.3	87.2
106	29854	МЕЖДУРЕЧЕНСК	53.7	88.1
АЛТАЙСКИЙ КРАЙ				
107	29946	КОНДОМА	52.8	87.3
108	29954	ТАШТАГОЛ	52.8	87.8
109	29955	УСТЬ-КАБЫРЗА.	52.8	88.4
110	29816	ХАБАРЫ	53.6	79.5
111	29822	КАМЕНЬ-НА-ОБИ	53.8	81.3
112	29827	БАЕВО	53.3	80.8
113	29832	ТАЛЬМЕНКА	53.8	83.9
114	29836	ЗАРИНСК	53.8	84.9
115	29837	ШЕЛАБОЛИХА	53.4	82.6
116	29838	БАРНАУЛ-АМСГ	53.3	83.7
117	29848	ТОГУЛ	53.5	85.9
118	29915	СЛАВГОРОД	53.0	78.6
119	29916	БЛАГОВЕЩЕНКА	52.8	79.8
120	29923	РЕБРИХА	53.1	82.3
121	29928	МАМОНТОВО	52.7	81.6
122	29936	ТРОИЦКОЕ	53.0	84.7
123	29937	АЛЕЙСКАЯ	52.5	82.8
124	29939	БИЙСК-ЗОНАЛЬНАЯ	52.7	84.9
125	29941	ЦЕЛИННОЕ	53.1	85.8
126	29947	БИЙСК-АМСГ	52.5	85.4
127	36020	РОДИНО	52.5	80.2
128	36021	КЛЮЧИ	52.3	79.1
129	36022	ВОЛЧИХА.	52.0	80.4
130	36024	КУЛУНДА	52.5	78.9
131	36028	УГЛОВСКОЕ	51.4	80.2
132	36032	ПОСПЕЛИХА	52.0	81.5

Продолжение таблицы А.1

№	Индекс	Наименование	Геогр. широта	Геогр. долгота
133	36033	ШИПУНОВО	52.2	82.3
134	36034	РУБЦОВСК	51.5	81.2
135	36036	КРАСНОЩЕКОВО	51.6	82.7
136	36038	ЗМЕИНОГОРСК	51.1	82.2
137	36041	УСТЬ-ЧАРЫШСКОЕ	52.4	83.7
138	36044	УСТЬ-КАЛМАНКА	52.1	83.4
139	36045	СОЛОНЕШНОЕ	51.7	84.3
140	36047	ЧАРЫШСКОЕ	51.4	83.6
ГОРНЫЙ АЛТАЙ				
141	36052	ГОРНО-АЛТАЙСК	52.0	86.0
142	36055	КЫЗЫЛ-ОЗЕК	51.9	86.0
143	36057	ШЕБАЛИНО	51.3	85.7
144	36058	ЧЕМАЛ	51.4	86.0
145	36061	ТУРОЧАК	52.3	87.2
146	36064	ЯЙЛЮ	51.8	87.6
147	36213	УСТЬ-КАН	50.9	84.8
148	36229	УСТЬ-КОКСА	50.3	85.6
149	36231	ОНГУДАЙ	50.8	86.1
150	36237	КАТАНДА.	50.2	86.2
151	36259	КОШ-АГАЧ	50.0	88.7
152	36442	КАРА-ТЮРЕК	50.0	86.4