

УДК: 551.509.33

## Усовершенствованный динамико-статистический метод 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха

*Вильфанд Р.М., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Хан В.М., Толстых М.А.*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, г. Москва, Россия*

Технология разработанного в ФГБУ «Гидрометцентр России» 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха состоит из двух частей: усовершенствованной схемы среднесрочных прогнозов элементов погоды (РЭП) с расширенным (до 15 суток) сроком действия [1] и результатов численного моделирования по модели ПЛАВ [2]. Гидродинамико-статистический метод 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха основывается на полученных на базе РЭП прогнозах аномалий приземной температуры воздуха на 15 суток и результатах интегрирования модели ПЛАВ на интервале 16–30 суток.

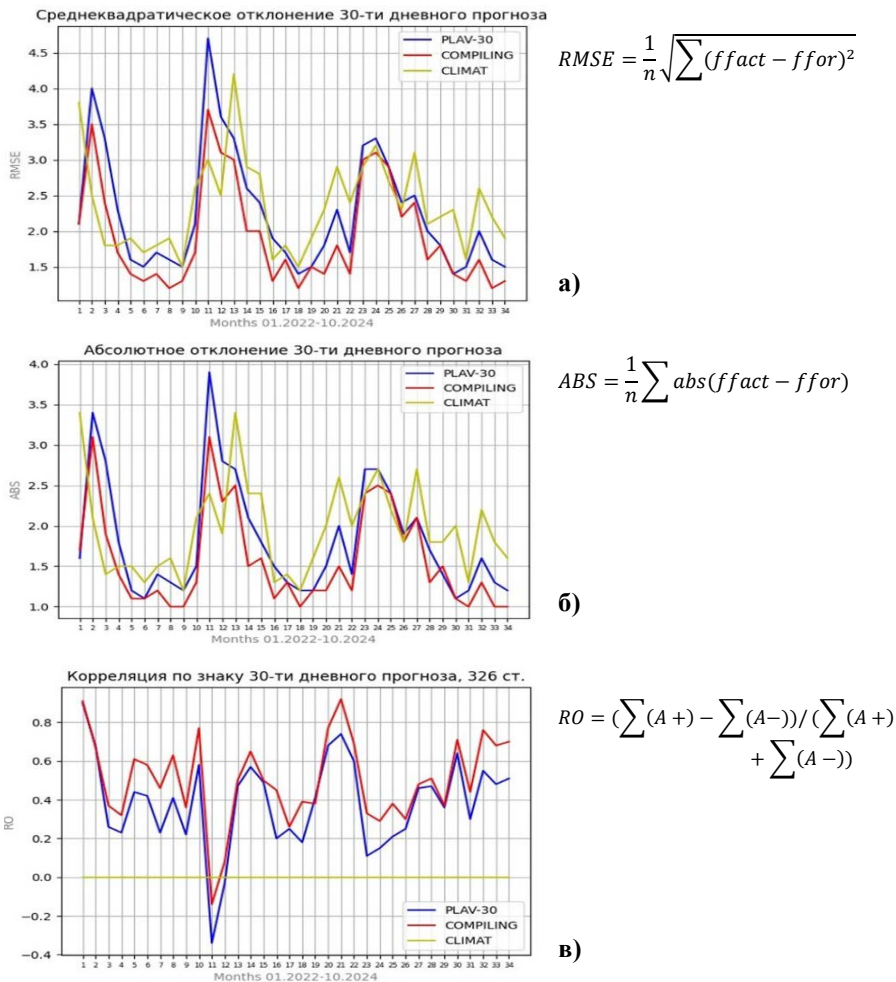
На суперкомпьютере CRAY еженедельно по четвергам проводятся расчеты прогностических полей метеорологических элементов по гидродинамической модели ПЛАВ на период до четырех календарных месяцев. В параллельном режиме на внутреннем сервере ФГБУ «Гидрометцентр России» ежедневно рассчитываются прогнозы РЭП на 15 суток для 2945 станций, расположенных на территории Евразии. Заключительный этап расчетов и комплектация прогнозов РЭП (на 15 суток) и ПЛАВ (на 16–30 суток) производится на сервере СЕАКЦ, который связан по локальной сети с указанными ранее серверами. При этом важным этапом является горизонтальная интерполяция прогностических полей ПЛАВ в координаты 2945 станций и регулярная оценка качества прогноза.

Квазиоперативные испытания метода прогноза были произведены для периода с января 2021 г. по октябрь 2024 года. Оценками качества прогнозов служат среднеквадратическая ошибка RMSE, коэффициент корреляции знаков RO и абсолютная ошибка ABS по 326 станциям России, что связано с технологией верификации системы РЭП.

Климатические параметры рассчитываются на базе архива ежедневных данных о приземной температуре воздуха на 326 станциях на территории России за период с 1991 по 2020 г., созданного и поддерживаемого в отделе прогностических технологий Мирового метеорологического центра Москва.

Анализ временного хода среднемесячных оценок (рис. 1) показывает преимущества прогноза 30-суточных аномалий приземной температуры воздуха с включением данных статистической модели РЭП-15, а вариант построения с равновесными коэффициентами влияния в большинстве месяцев сопоставим или превосходит другие варианты.

Во временном ходе оценок наглядно видно годовое влияние: в холодное время года качество прогнозов ниже, что связано, как правило, с резким изменением свойств подстилающей поверхности и барическими перестройками атмосферы. Временной ход оценок показывает увеличение RMSE в зимний период до 3 градусов, в остальные периоды ABS колеблется от 1.3 до 2.2 градуса. В течение периода испытаний коэффициент RO снизился до 0.2, а среднеквадратическое отклонение выросло до 3 градусов ввиду того, что в декабре-январе в умеренных широтах Атлантического океана мощные среднетропосферные антициклоны блокировали смещение циклонов на восток.



**Рис. 1.** Временной ход среднемесячных оценок по 326 станциям за период 01.2022–10.2024: среднеквадратическое отклонение (а); абсолютное отклонение (б); среднемесячная корреляция по знаку (в).

В период оперативных испытаний проводилось сравнение среднегодовых средних оценок успешности месячных прогнозов аномалий приземной температуры воздуха с нулевой заблаговременностью с успешностью официальных оперативных месячных прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России». Эталонными архивами при этом служили архивы ежедневных данных о приземной температуре воздуха на 326 станциях на территории России отдела прогностических технологий Мирового метеорологического центра Москва.

Сравнение показывает (рис. 2), что предложенная схема дает улучшение среднегодовых оценок по коэффициенту корреляции знаков до 23 %, по среднеквадратическому отклонению до 0,45 °С за весь период испытаний.

NN	Варианты построения прогноза	RMSE	RO	ABS
1.	ПЛАВ 1-15	2.72	0.41	2.18
2.	ПЛАВ 16-30	3.34	0.15	2.6
3.	<b>ПЛАВ 1-30</b>	<b>2.5</b>	<b>0.33</b>	<b>2.01</b>
4.	РЭП-15	1.99	0.62	1.56
6.	<b>Прогноз на 30 суток (РЭП-15) &amp; (ПЛАВ16-30)</b>	<b>2.08</b>	<b>0.46</b>	<b>1.68</b>
7.	Климат-30	2.2	0.00	1.82
8.	Климат-15	2.84	0.00	2.32

01.2022 – 12.2022

NN	Варианты построения прогноза	RMSE	RO	ABS
1.	ПЛАВ 1-15	2.23	0.43	2.1
2.	ПЛАВ 16-30	2.69	0.21	2.6
3.	<b>ПЛАВ 1-30</b>	<b>1.98</b>	<b>0.30</b>	<b>1.9</b>
4.	РЭП-15	1.61	0.62	1.5
6.	<b>Прогноз на 30 суток (РЭП-15) &amp; (ПЛАВ16-30)</b>	<b>1.66</b>	<b>0.41</b>	<b>1.6</b>
7.	Климат-30	2.22	0.00	1.83
8.	Климат-15	2.89	0.00	2.35

01.2023 – 12.2023

NN	Варианты построения прогноза	RMSE	RO	ABS
1.	ПЛАВ 1-15	2.10	0.53	1.7
2.	ПЛАВ 16-30	2.93	0.22	2.4
3.	<b>ПЛАВ 1-30</b>	<b>1.99</b>	<b>0.42</b>	<b>1.61</b>
4.	РЭП-15	1.7	0.66	1.36
6.	<b>Прогноз на 30 суток (РЭП-15) &amp; (ПЛАВ16-30)</b>	<b>1.81</b>	<b>0.53</b>	<b>1.47</b>
7.	Климат-30	2.32	0.00	1.94
8.	Климат-15	2.96	0.00	2.47

01.2024 – 10.2024

Среднегодовые статистические характеристики с использованием норм с 1991 по 2020 годы.

Рис. 2. Среднегодовые статистические характеристики за 01.2022–10.2024.

Результаты испытаний демонстрируют высокий уровень успешности усовершенствованного гидродинамико-статистического метода 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха в сравнении с оценками климатического прогноза, по среднегодовым оценкам ABS разница может достигать до одного градуса.

**Решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и геологическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета от 20 декабря 2024 г.** одобрена работа ФГБУ «Гидрометцентр России» по созданию технологии выпуска усовершенствованного гидродинамико-статистического метода 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха и рекомендована к внедрению в прогностическую работу ФГБУ «Гидрометцентр России» и СЕАКЦ.

ЦМКП рекомендует продолжить работы по развитию гидродинамико-статистического метода 30-суточного прогноза приземной температуры воздуха.

#### Список литературы

1. Вильфанд Р.М., Васильев П.П., Васильева Е.Л. Развитие методов прогноза погоды на основе статистической интерпретации гидродинамических моделей по технологии Гидрометцентра // 80 лет Гидрометцентру России. М.: Триада, лтд, 2010. С. 313-335.

2. Толстых М.А., Фадеев Р.Ю. и др. Развитие глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ в 2009–2019 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 77-91.