ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА ERA5-LAND ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ

Полякова А.Р., Савельев А.А., Шапко М.Д., Ермолаев О.П. | Казанский федеральный университет

Цель исследования

Оценить применимость данных реанализа ERA5-Land для пространственного моделирования эрозионного потенциала дождевых осадков (ЭПО, R-фактор).

Предпосылки использования данных реанализа

Расчёт ЭПО требует плювиографических данных об интенсивности осадков, однако доступность таких наблюдений ограничена.

USLE (Universal Soil Loss Equation) — универсальное уравнение потерь почвы

$$W = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

W — расчётные потери почвы; R — эрозионный потенциал дождевых осадков; K, LS, C, P — другие факторы модели.

Формула расчёта R-фактора

$$R = \Sigma (E \cdot I_{30})$$

E — кинетическая энергия дождя; I_{30} — максимальная 30-минутная интенсивность.

Поэтому в качестве альтернативы плювиографическим данным в исследовании используются часовые суммы осадков ERA5-Land для расчёта ЭПО.

ERA5-Land — глобальный набор данных реанализа метеорологических характеристик суши

Пространственное разрешение

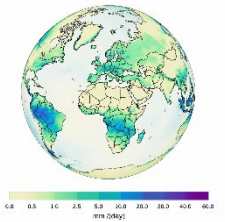
0,1° × 0,1° (около 9 км)

Временной охват

1950-2025 гг.

Временное разрешение

1 час



Исследование выполнено в рамках государственного задания от 12.01.2026 № 075-00158-26-00 (FZSM-2026-0017)

Оценка точности и коррекция осадков ERA5-Land

Для оценки точности ERA5-Land проведено сопоставление сумм осадков с данными срочных наблюдений 45 метеостанций из архива ВНИИГМИ-МЦД.

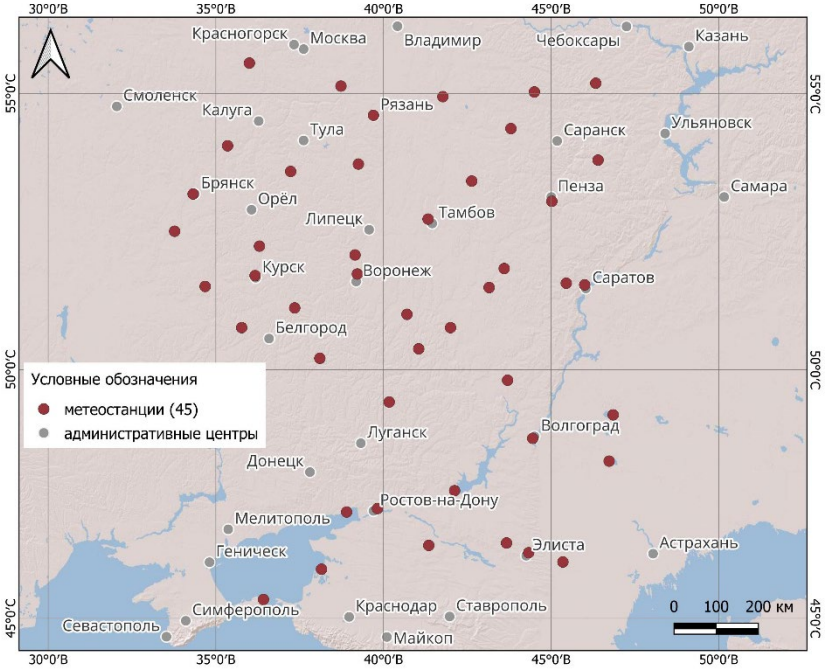
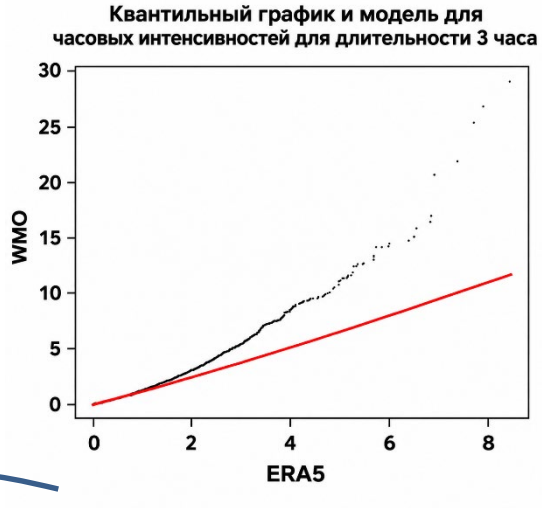


Схема расположения метеорологических станций, использованных для коррекции осадков ERA5-Land

Установлено, что ERA5-Land **систематически завышает малые суммы осадков и занижает большие**. Наиболее выраженные расхождения наблюдаются в области высоких значений интенсивности осадков.



На основе сопоставления распределений трёхчасовых сумм осадков **построена нелинейная функция коррекции**, которая затем применялась к часовым данным ERA5-Land **перед расчётом ЭПО**.



Расчёт эрозионного потенциала осадков и устранение пространственных артефактов

Методика расчёта ЭПО

ERA5-Land
Скорректированные часовые осадки

→

T > +4 °C
Выделение жидких осадков

→

MIET = 6 ч
Разделение дождевых событий

→

ΣP > 10 мм
Отбор эрозионно значимых дождей

→

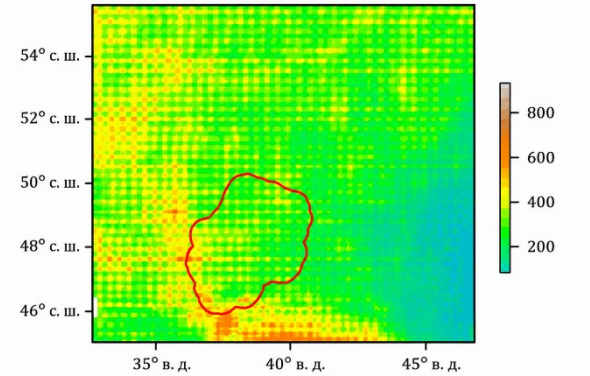
R
ЭПО (R-фактор)

×1,35

Поправочный коэффициент при использовании часовых осадков вместо 30-минутных

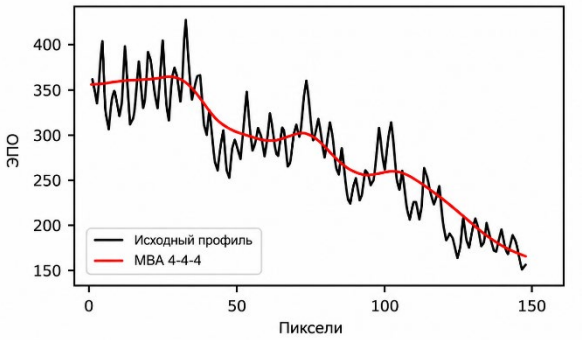
Устранение пространственных артефактов

Результат расчёта ЭПО по данным реанализа



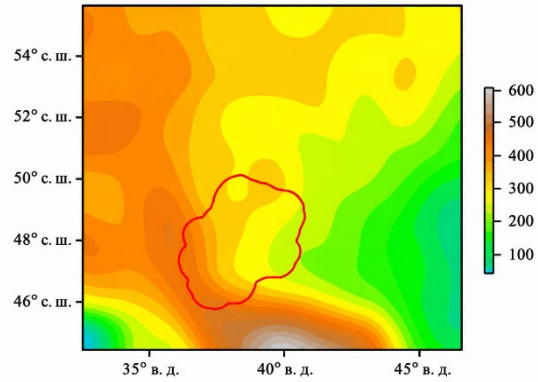
Регулярные пространственные артефакты («полосатость»), связанные с исходной сеткой реанализа

Сглаживание (метод MBA 4-4-4) на примере одной из строк



Сглаживание многоуровневой аппроксимацией B-сплайнами (MBA) подавляет мелкомасштабные колебания

Результат расчёта ЭПО после сглаживания



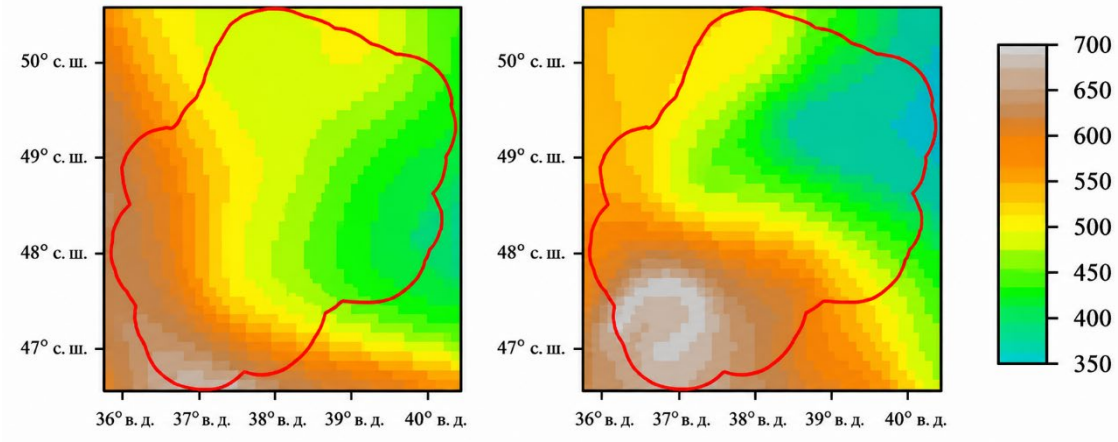
Более гладкое пространственное распределение ЭПО, сохраняющее крупномасштабные закономерности

! По исходному и сглаженному среднемноголетним распределениям ЭПО рассчитана пространственная поправка для устранения артефактов в годовых и сезонных оценках.

Сопоставление пространственных оценок ЭПО

Пространственное распределение ЭПО (ERA5-Land)

Пространственное распределение ЭПО (Ларионов Г. А., 1993)



R×1,35
ЭПО (R-фактор)

×1,1826

При сопоставлении рассчитанного по данным ERA5-Land пространственного распределения ЭПО с картой Ларионова Г.А. (1993) выявлено систематическое занижение значений ЭПО. Для его компенсации определён поправочный коэффициент 1,1826.

Итоговый поправочный коэффициент
1,35 × 1,1826 ≈ 1,597

Основные выводы

1. Выявлены систематические расхождения между осадками ERA5-Land и наземными наблюдениями. Разработана нелинейная модель коррекции исходных осадков.

2. Нелинейная коррекция осадков ERA5-Land повысила согласованность рассчитанного ЭПО с картой Ларионова Г. А. (1993): R^2 с 0,409 до 0,556.

3. Для учёта часового временного разрешения данных при расчёте ЭПО применён поправочный коэффициент 1,35.

4. Сглаживание методом МВА 4-4-4 позволило уменьшить регулярные пространственные артефакты рассчитанного ЭПО.

5. При сопоставлении с данными Ларионова Г.А. (1993) выявлено систематическое занижение ЭПО (поправочный коэффициент 1,1826).

Общий вывод исследования:
ERA5-Land может использоваться для пространственной оценки ЭПО при условии коррекции осадков и устранения пространственных артефактов.