РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Экспериментальная отработка технологии оценки температуры поверхности океана по данным российских космических систем дистанционного зондирования Земли

А. И. Васильев, С.В. Парамонов, М.В.Мешков
НЦОМЗ, АО «Российские космические системы» (Москва, Россия)

Актуальность применения данных ТПО

Метеорология и прогнозирование погоды

- Прогноз опасных явлений, происходящих в океане (ураганы, штормы)
- Применение в численных моделях погоды

Морская биология, морское природопользование и морская экология

- Поиск зон высокой биопродуктивности, зон комфорта определенных морских видов
- Мониторинг угроз биоразнообразию (цветение опасных водорослей, угрозы морским кораллам)

Морская навигация и логистика

- Картирование морских течений
- Мониторинг ледовой обстановки

Создание отечественных продуктов ТПО

АКТУАЛЬНОСТЬ

Устойчивый доступ к данным независимо от страны-производителя продукта

Обеспечение покрытия требуемых районов

Адаптация под потребности потребителей

ЗАДАЧИ

Потребность в технологии создания и распространения продукта - покрытия ТПО на территорию российских морей и акваторий, а также входящих в область интереса российских предприятий и организаций.

Обеспечение выполнения требований:

- Географические районы покрытия
- Площадь покрытия
- Допустимая погрешность

Российские КА ДЗЗ для задачи оценки ТПО

КА ДЗЗ / Аппаратура	Тип орбиты	Периодичность съемки	Основные водные территории съемки
Метеор-М №2-3 / МСУ-МР	Круговая, солнечно-синхронная (ССО)	В зависимости от района – от 1-2 до 14 раз в сутки	Водные бассейны на территории европейской части РФ; Моря в составе Северо-Восточной Атлантики (ввиду специфики организации наземного приема данных – Оператора КС ДЗЗ)
Электро-Л № 4 / МСУ-ГС	Геостационарная	Каждые 15–30 минут непрерывно	Тихий океан (включая дальневосточные моря РФ)
Арктика-М № 1 / МСУ-ГС	Высокоэллиптическая (типа «Молния»)	13-26 раз в сутки	Северный ледовитый океан; Северная Атлантика и Берингово море

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Характеристики съемочной аппаратуры для оценки ТПО

Тип прибора	Спектральные каналы	Пространственное разрешение	Полоса захвата
МСУ-МР	6 каналов в диапазоне 0,5– 12,5 мкм	1100 м	2950 км
МСУ-ГС	Видимый и ближний ИК-диапазон: 3 канала: 0,50–0,90 мкм Тепловой и дальний ИК-диапазон: 7 каналов: 3,5–12,5 мкм)	Видимый диапазон: 1 км Инфракрасный (ИК) диапазон: 4 км	Полный видимый диск Земли

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Методика оценки ТПО

Применяется методика, апробированная в 2025 году:

- Расчетный алгоритм NLSST (Nonlinear Sea Surface Temperature)
- ИК – каналы 10-12,5 мкм
- Каналы видимого диапазона для классификации пикселей (выделения облачности, ледовых поверхностей) и создания маски обрабатываемых пикселей
- Используются референсные данные ТПО (набор Multiscale Ultrahigh Resolution MUR L4) для калибровки расчетного алгоритма

В производственном цикле рассчитываются регулярно обновляемые калибровочные коэффициенты (на базе окна из 1-3 данных предыдущих суток)

Коэффициенты рассчитываются отдельно для каждого элемента покрытия поверхностей водных объектов (покрытие сформировано на базе грида с размером ячеек 5 х 5 градусов с шаг0м 0,05)

Расчет ТПО для вновь поступающих данные съемки производится на базе предрассчитанных калибровочных коэффициентов

Данная технология также применяется для расчета ТПО по имеющемуся набору архивных данных, что позволяет оценить параметры погрешности на временном интервале

Технологический процесс калибровки

Предобработка сцен в окне 1-3 предыдущих суток, фильтрация, формирование маски обработки

Отбор комплекта сцен для каждого из элементов грида покрытия,

Формирование наборов опорных данных (по данным MUR GHRSST)

Формирование наборов расчетных данных в соответствии с алгоритмом расчета NLSST

Вычисление калибровочных коэффициентов

Построение значений ТПО для каждой ячейки грида

Вычисление СКВО от опорных значений MUR GHRSST

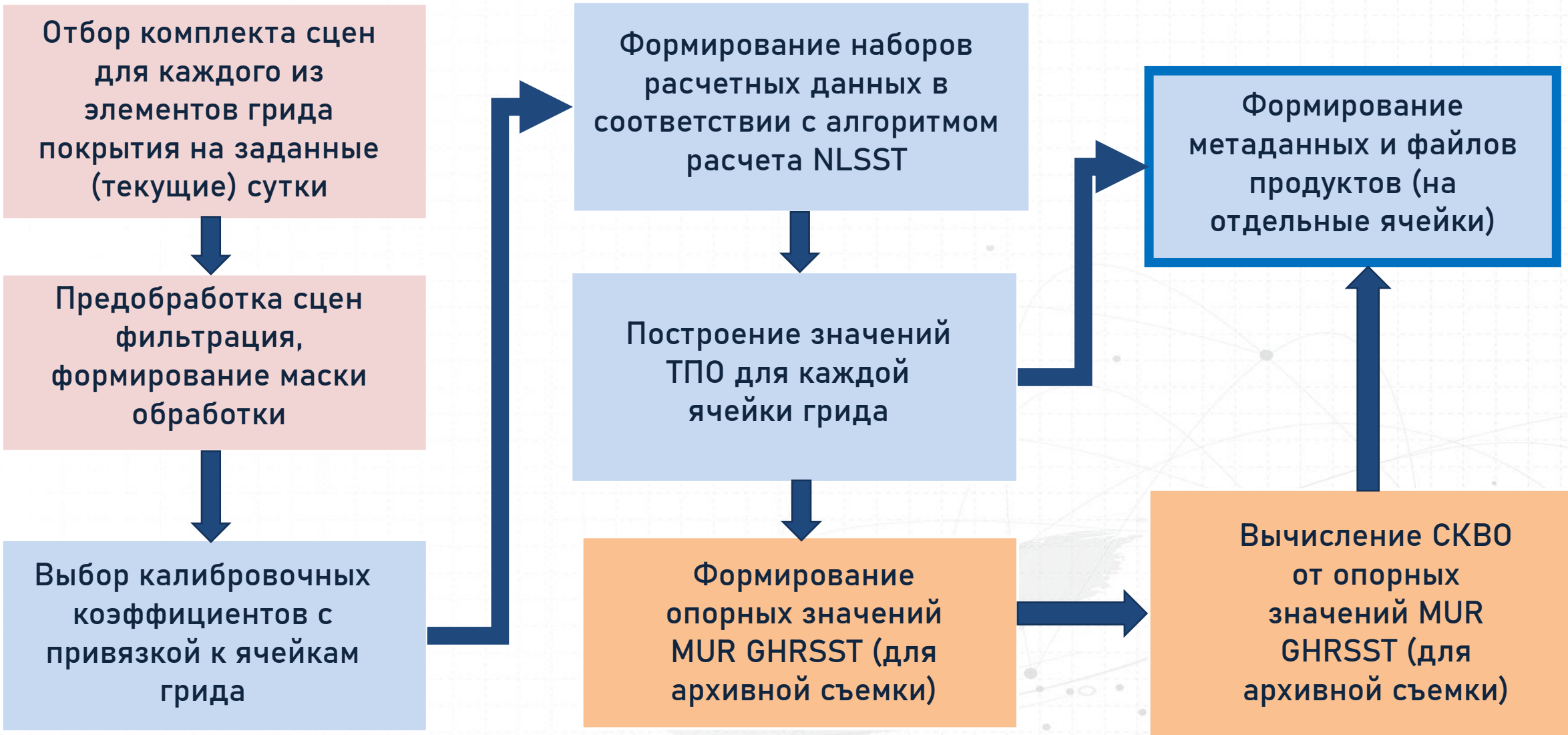
Формирование метаданных и калибровочных файлов

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Погрешности вычисления ТПО на этапе калибровки

КА	Средняя СКВО за период оценки по всем ячейкам, °С	Максимальная средняя СКВО,°С	Среднее количество ячеек за сутки
«Метеор-М» №2-3	0,5246	0,9055	54
«Электро-Л» №4	0,3967	0,4412	520
«Арктика-М» №1	0,6047	0,6882	460

Технологический процесс построения продукта ТПО



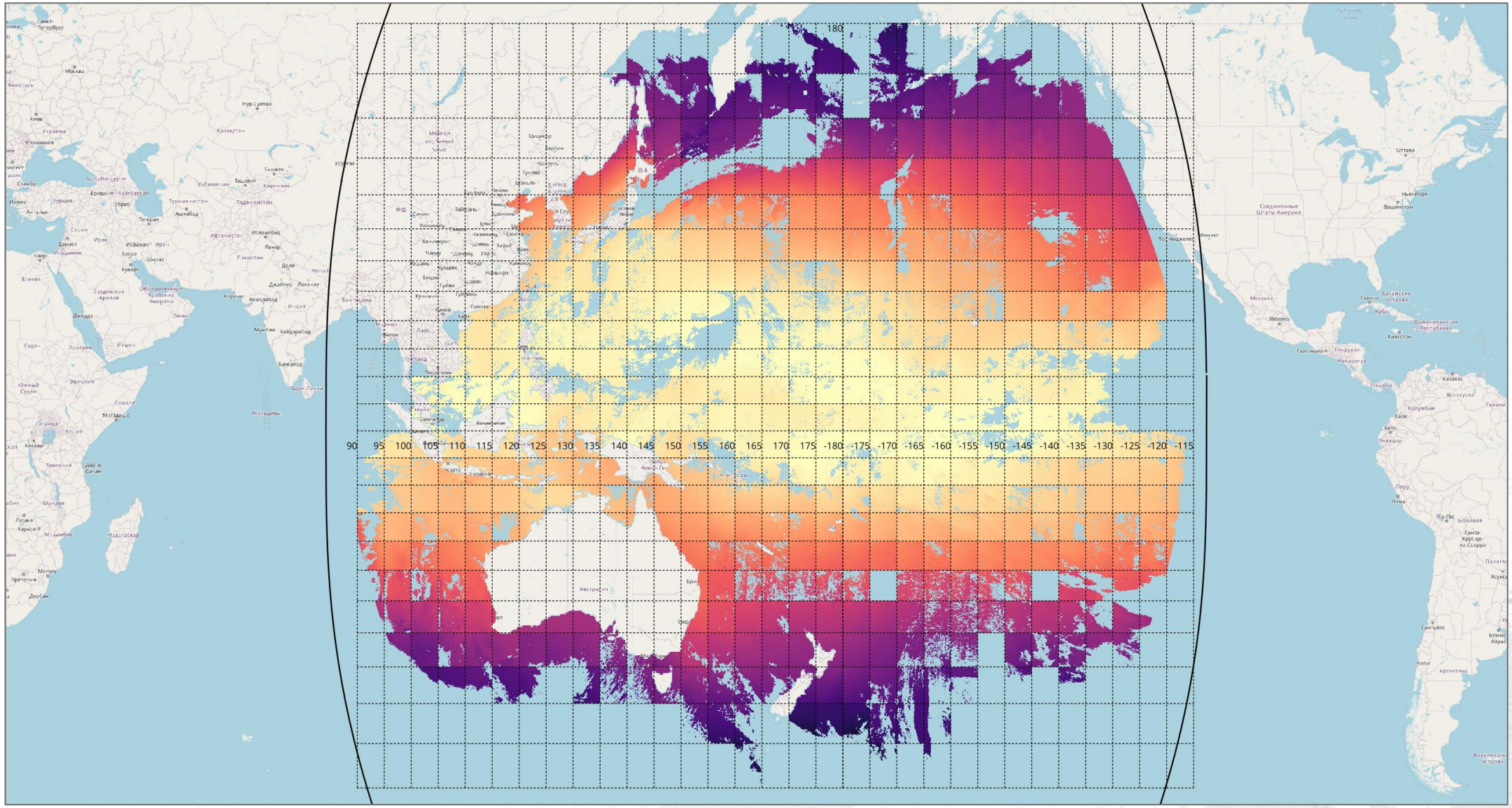
РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Погрешности при построении продукта ТПО

КА	Средняя СКВО за период оценки по всем ячейкам, °С	Максимальная средняя СКВО,°С	Среднее количество ячеек за сутки	Среднее количество сцен на ячейку
«Метеор-М» №2-	0,2934	1,2428	43	5
«Электро-Л» №4	0,2973	0,3568	280	13
«Арктика-М» №1	0,4920	0,6314	230	13

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

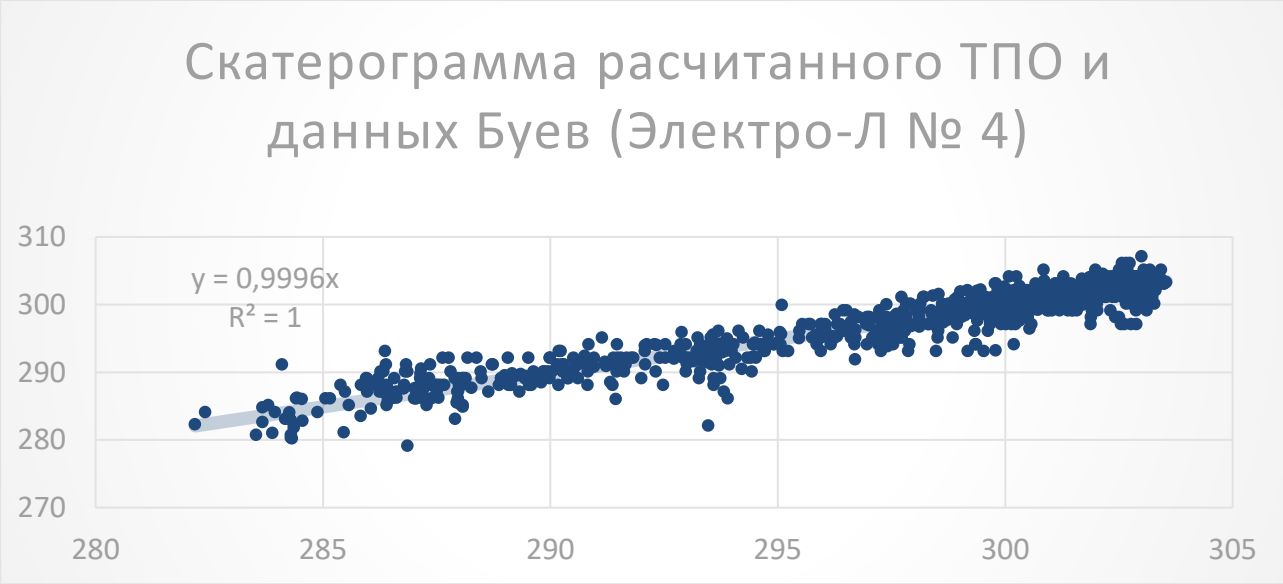
Пример рассчитанного продукта ТПО

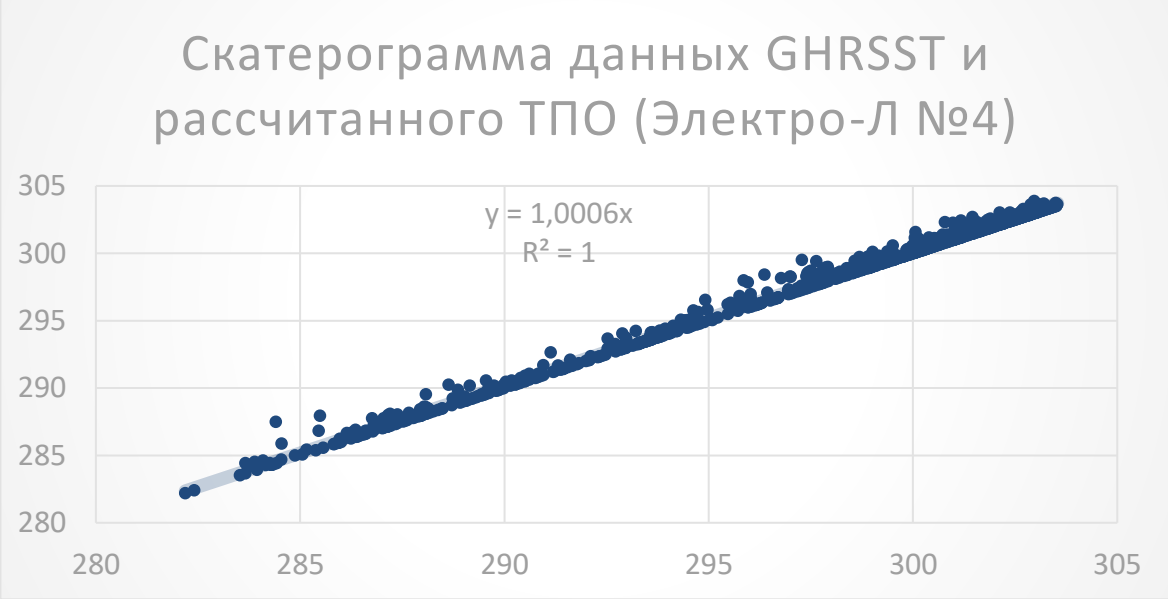


Результат обработки по данным «Электро-Л» №4 за 15 сентября 2026 г.

Валидация продуктов по морским буям

КА	Количество буев (точек оценки)	Среднее СКВО,°С	Среднее СКВО для данных MUR GHRSST на те же сутки
«Электро-Л» №4	1052	1,8614	1,9067
«Арктика-М» №1	1156	2,3945	2,5568



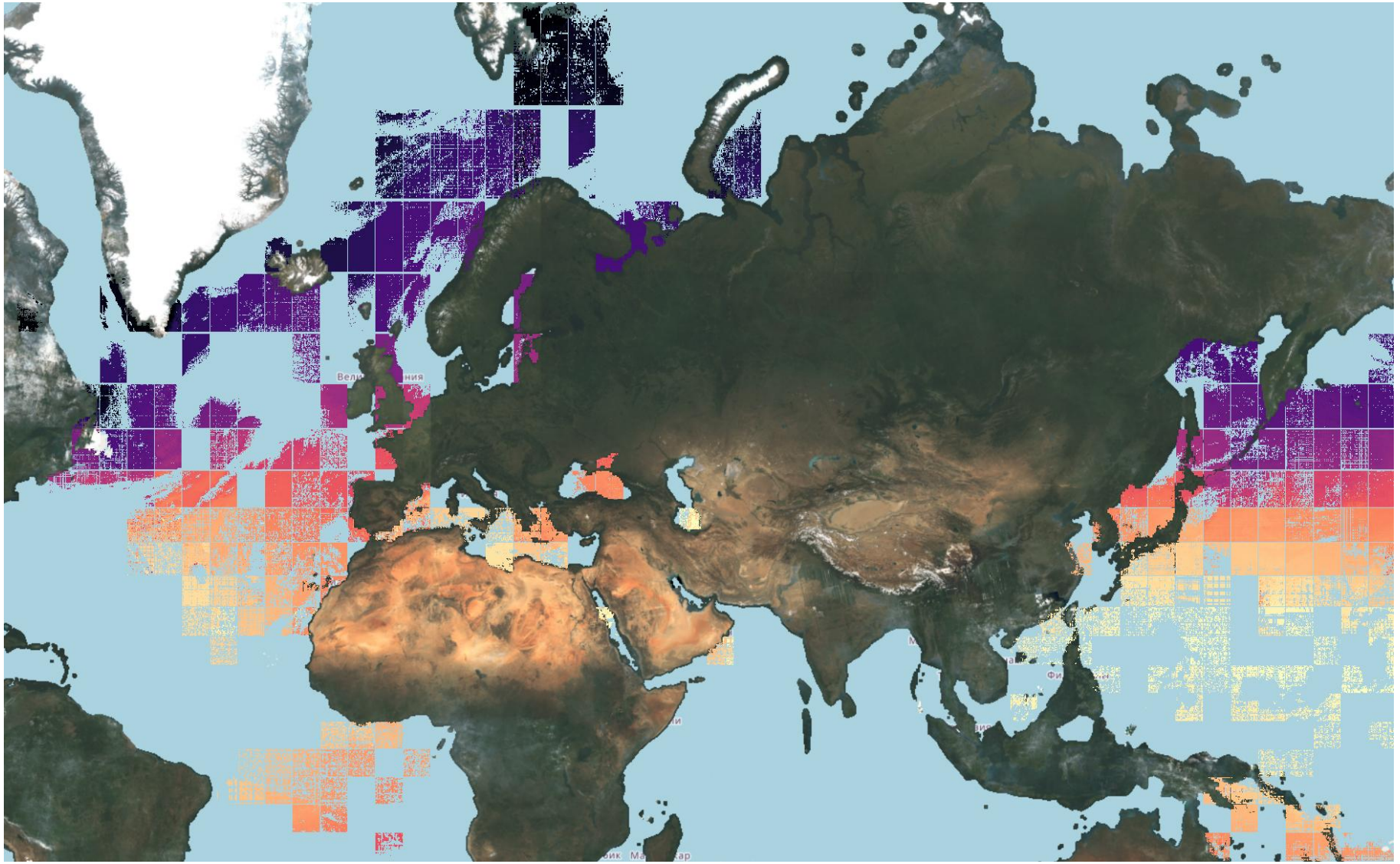


Перспективы интеграции технологии в НЦ ОМЗ

- Получение покрытий ТПО по архивным данным съемки
- Получение суточных покрытий ТПО по оперативным данным
- Формирование архивных и оперативных суточных покрытий глобального масштаба по всем данным в составе грида
- Формирование оперативных суточных покрытий, интегрирующих данные от нескольких КА

РКС
РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Спасибо за внимание!



Результат обработки по данным «Арктика-М» №1 за 23 сентября 2026 г.