

Сезонные изменения точности определения температуры водной поверхности Каспийского моря по данным спутников Landsat-5,7

Бочаров А.В. (1,2,3), Костяной А.Г. (1), Лебедев С.А. (4,5,6)

(1) Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

(2) Тверской государственный университет, Тверь, Россия

(3) Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

(4) Геофизический центр РАН, Москва, Россия

(5) Майкопский государственный технологический университет, Москва, Россия

(6) Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Москва, Россия



Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, Москва, 11-15 ноября 2024

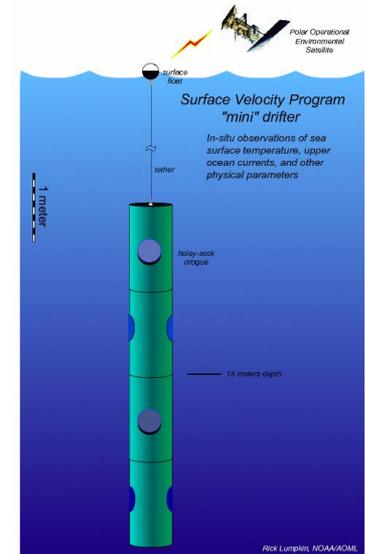
©2024, ИО РАН, ТвГУ, ИВП РАН, ГЦ РАН, МГТУ, МИЭТ, Бочаров А.В., Костяной А.Г., Лебедев С.А.



При проведении исследований термогидродинамического режима Каспийского моря многие исследователи поднимали вопрос о точности определения температуры поверхности моря (ТПМ) с использованием данных дистанционного зондирования. Наиболее актуальным является определение точности ТПМ с использованием данных самой продолжительной программы спутниковой съемки Landsat.

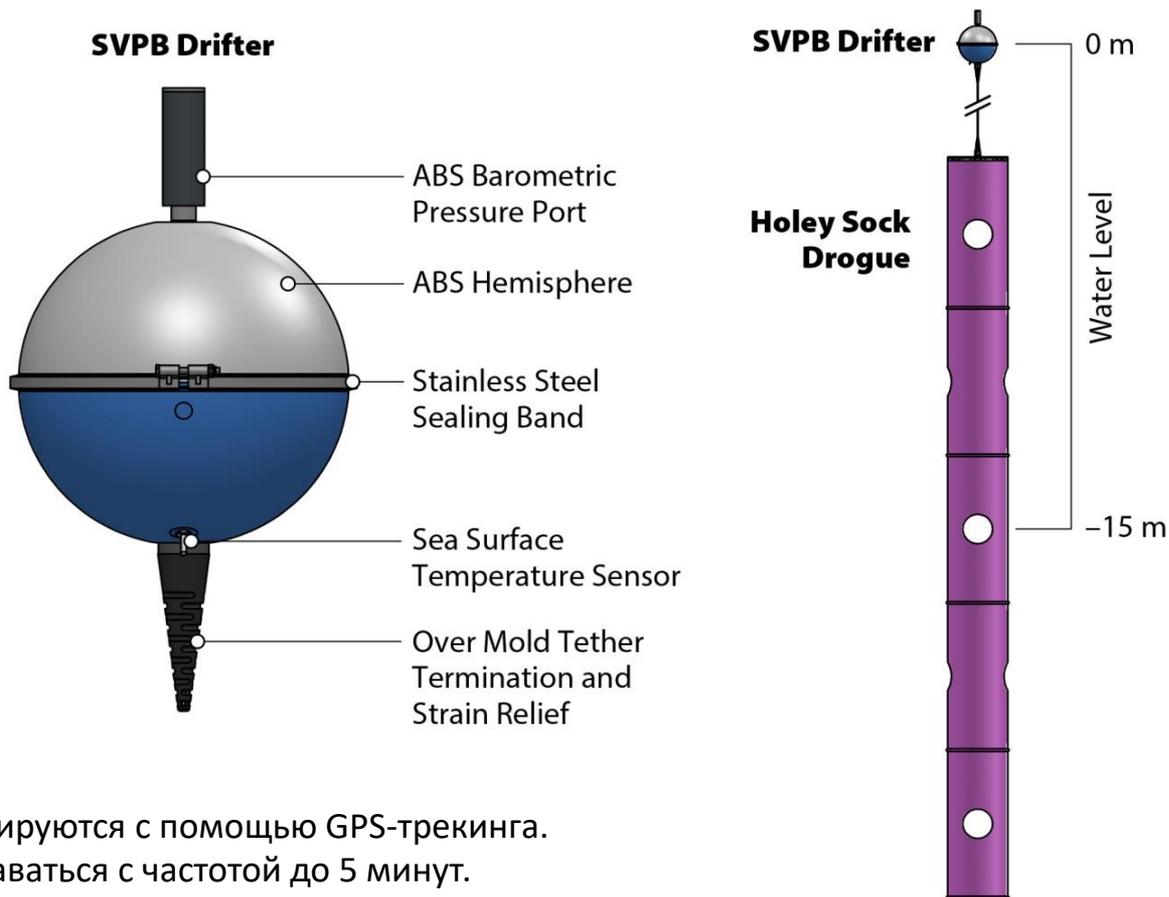


Для оценки точности восстановления ТПМ Каспия по данным Landsat использовались измерения in situ. В 2006 и 2008 годах в Каспийском море были проведены два эксперимента с дрейфтерами в рамках проекта «Мультидисциплинарный анализ экосистемы Каспийского моря» (МАСЕ) Программы НАТО «Наука ради мира». В экспериментах использовались шесть дрейфтеров Surface Velocity Program Barometer (SVPB).



Surface Velocity Program Barometer

Корпус дрейфера (SVPB) имеет диаметр 35 см. Дрейфер имеет тормоз, представляющий собой цилиндрическую трубку из прочного нейлона, соединенную с поверхностным буюм стальным тросом. В нижней части поверхностного бую, на 18 см ниже плавучей линии, установлен термистор для измерения температуры поверхности моря (ТПМ). В верхней части сферы находится барометр для измерения давления на уровне моря.



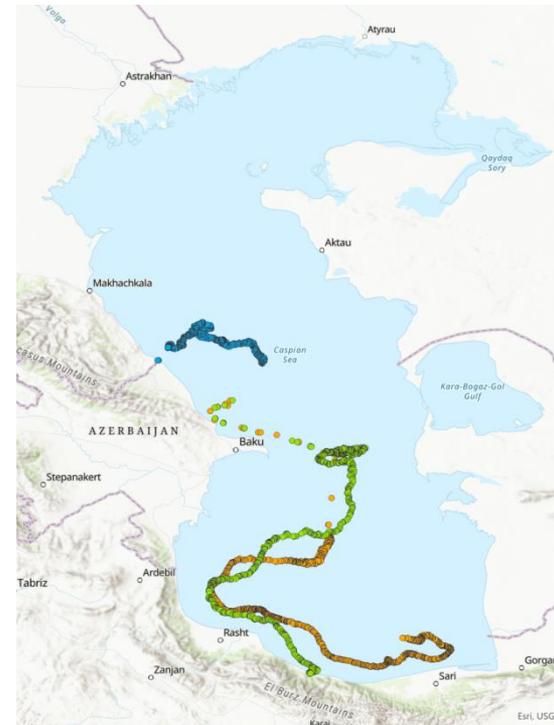
- Перемещения дрейфера регистрируются с помощью GPS-трекинга.
- Данные с дрейфера могут передаваться с частотой до 5 минут.
- Температура поверхности моря определяется с точностью $\pm 0,05$ К.

Треки перемещения дрейфтеров в Каспийском море

Данные с шести дрейфтеров были получены за два периода: с 4 октября 2006 года по 20 февраля 2007 года и с 19 июля 2008 года по 10 октября 2008 года. Шесть дрейфтеров выявили особенности циркуляции поверхностных вод в Среднем и Южном Каспии. Одновременно с помощью датчиков шести дрейфтеров было получено 13 095 измерений ТПМ, которые были переданы через спутник в 9 524 сеансах передачи данных с точными координатами местонахождения дрейфтеров на момент связи.



04.10.2006 – 20.02.2007



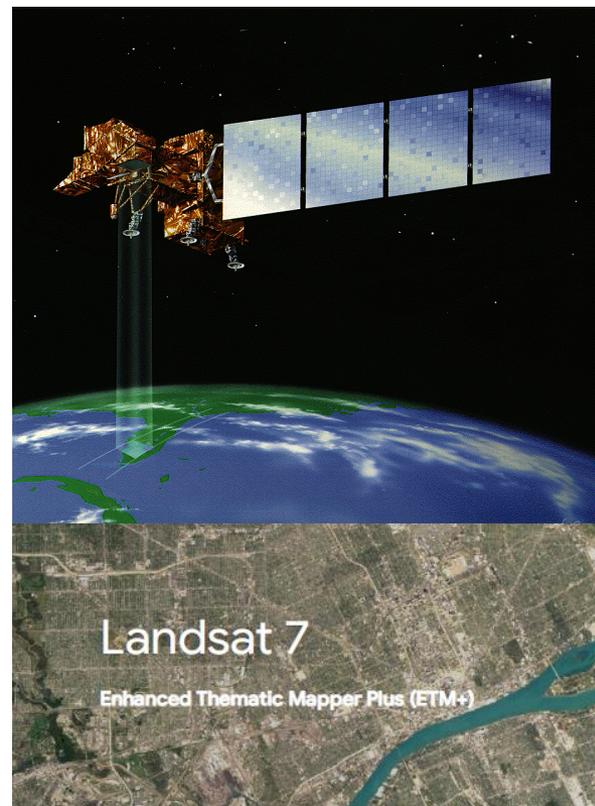
19.07.2008 – 10.10.2008

[Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, Москва, 11-15 ноября 2024](#)

©2024, ИО РАН, ТвГУ, ИВП РАН, ГЦ РАН, МГТУ, МИЭТ Бочаров А.В., Костяной А.Г., Лебедев С.А.

Данные спутников серии Landsat

Во время измерений с помощью дрейфующих датчиков на орбите находились два спутника программы Landsat: Landsat-5, проводивший съемки с 1984 по 2012 год, и Landsat-7, работающий с 1999 по 2024 год



Спутники серии Landsat проводят повторную съемку каждые 16 дней. Район полевых исследований покрывается 6 треками спутников Landsat.

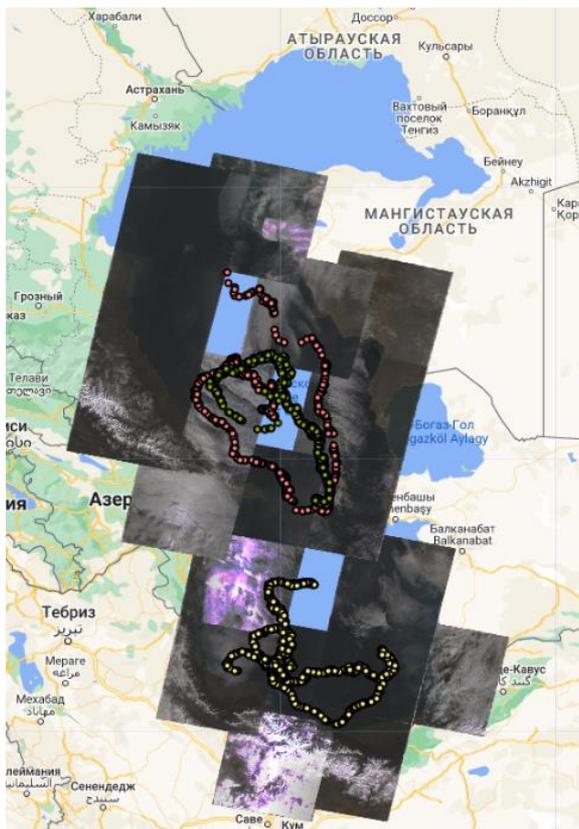


[Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, Москва, 11-15 ноября 2024](#)

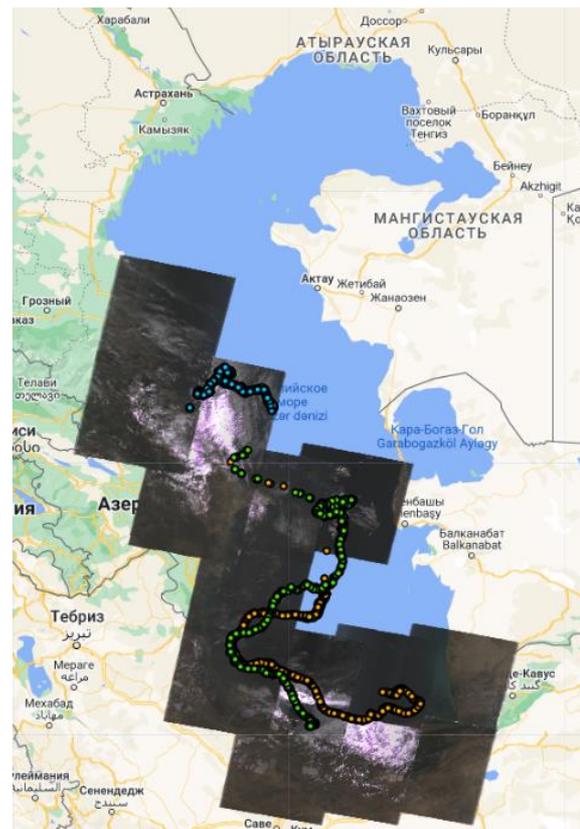
©2024, ИО РАН, ТвГУ, ИВП РАН, ГЦ РАН, МГТУ, МИЭТ Бочаров А.В., Костяной А.Г., Лебедев С.А.

Снимки Landsat для исследуемой территории

Мозаика снимков Landsat-7 в Каспийском море. Треки перемещения дрейфтеров наложены на спутниковые снимки



04.10.2006 – 20.02.2007



19.07.2008 – 10.10.2008

Всего за исследуемый период спутниками Landsat-5,7 было выполнено более 70 пролетов над районом движения дрейфтеров.



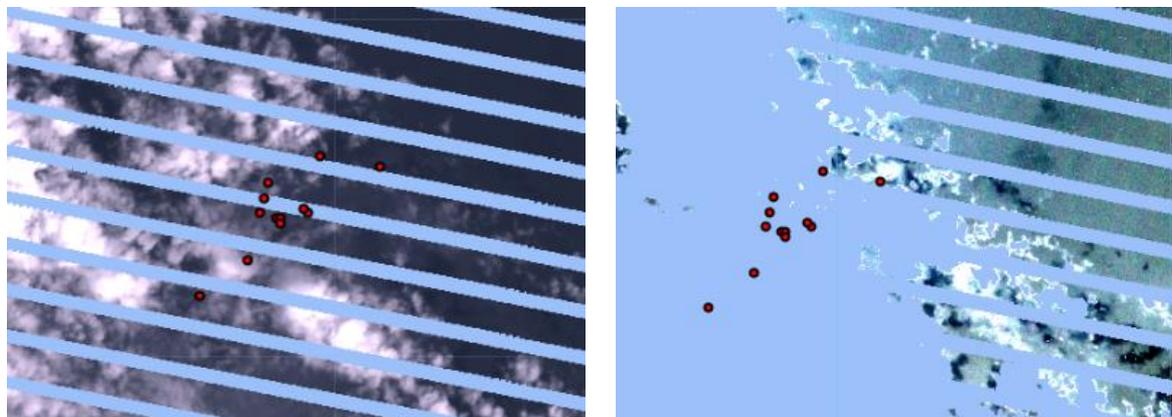
[Двадцать вторая международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, Москва, 11-15 ноября 2024](#)

©2024, ИО РАН, ТвГУ, ИВП РАН, ГЦ РАН, МГТУ, МИЭТ Бочаров А.В., Костяной А.Г., Лебедев С.А.

Извлечение значений со спутниковых снимков

Для получения ДДЗ, фильтрации пикселей снимков и извлечения значений пикселей соответствующих подспутниковым измерениям использовалась платформа Google Earth Engine. Для автоматизации выделения точек измерений были использованы скрипты на языке программирования JavaScript.

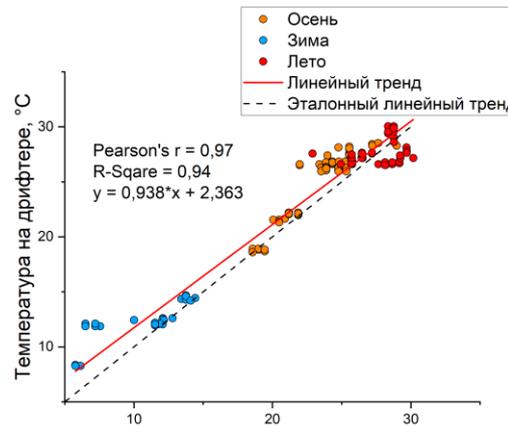
На основе использования битовой маски в канале QA_PIXEL снимков Landsat-7, были выделены точки измерений в областях отсутствия облачности.



Примеры использования маски облачности (снимок 29.07.2008 г.)
(в момент пролета спутника точки измерений за день перекрыты облаками)



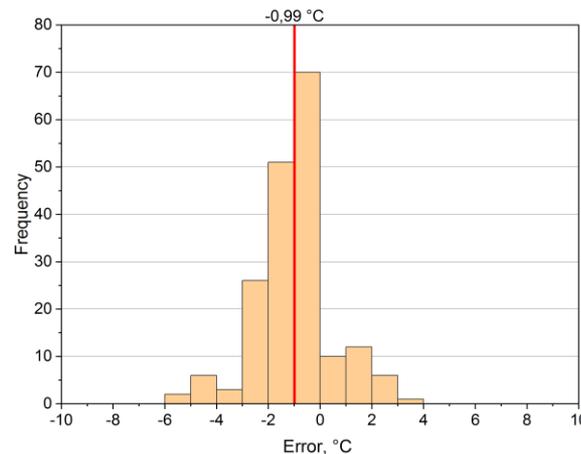
Точность определения ТПМ по данным Landsat Level-2



Поверхностная температура по данным Landsat Level-2, °C

Высокая статистическая корреляция между измерениями с дрейферов и температурой поверхности по данным Landsat Level-2

Зависимость температуры поверхностного слоя моря, полученной с помощью дрейферов, от температуры поверхности моря по данным Landsat-5,7 Level-2



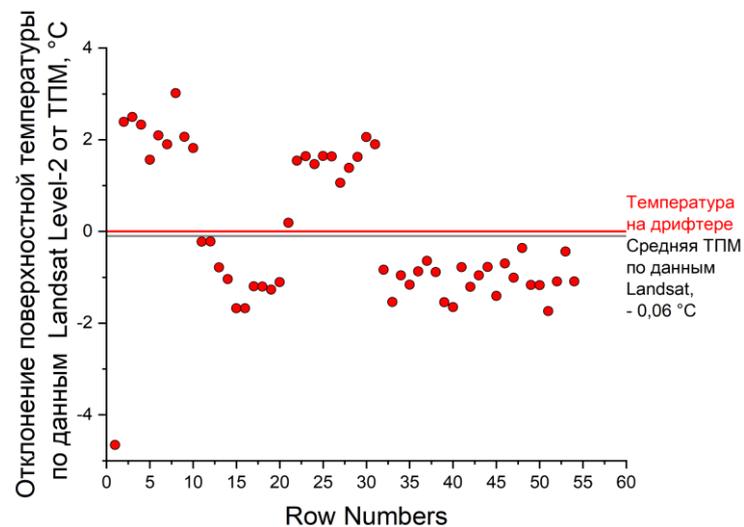
Результат
По данным Landsat Level-2 ТПМ ниже фактической в среднем на 1 °C

Гистограмма значений погрешности определения температуры по данным Landsat-5,7 Level-2

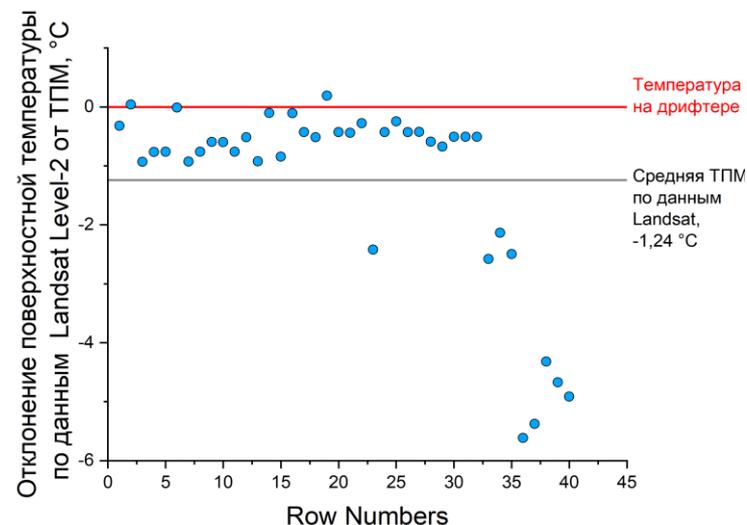


Сезонные изменения точности определения ТПМ по данным Landsat Level-2

Основываясь на полученных результатах, авторами были продолжены исследования по оценке межсезонных изменений в точности определения температуры водной поверхности Каспийского моря по данным спутников Landsat. Для этого были выделены летние и зимние данные.



(а)



(б)

Отклонение температуры поверхности по данным продукта Landsat Level-2 от SST при анализе всех измерений за день :

(а) в летние месяцы; (б) зимние месяцы

При анализе поверхностная температура по данным Landsat Level-2 в летние месяцы оказалась на $0,06^{\circ}\text{C}$ меньше фактической ТПМ, при анализе всех измерений за день. В зимние месяцы поверхностная температура по данным Landsat Level-2 также оказалась меньше фактической ТПМ, но ошибка равна $1,24^{\circ}\text{C}$.



Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ N 23-77-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования», <https://rscf.ru/project/23-77-00027/>.

