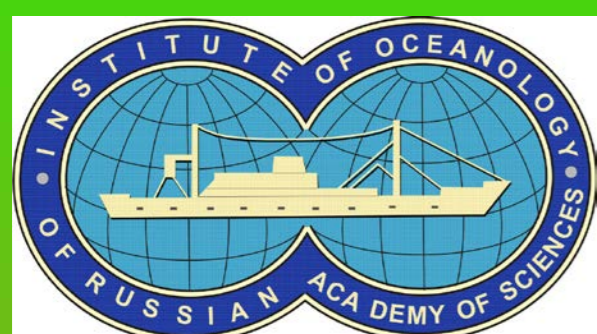


Нижниковская О.Ю. (1,2), Лебедев С.А. (3,4)



- (1) Балтийский Федеральный университет им. И.Канта, Калининград, Россия
- (2) Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград, Россия
- (3) Геофизический Центр РАН, Москва, Россия
- (4) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

ИКИ

## Введение

Информация о состоянии уровне моря, получаемая по данным спутниковой альтиметрии, является чрезвычайно важной для комплексного исследования динамики уровня Балтийского моря, его сезонных и климатических исследований. Спутниковая альтиметрия относится к одному из активных методов дистанционного зондирования Земли с борта космического аппарата. Основные преимущества зондирования подстилающей поверхности в микроволновом диапазоне связаны с высокой проникающей способностью радиоволн через атмосферу. В результате чего наблюдения могут проводиться в любое время суток, практически в любую погоду, при наличии в воздухе достаточно высоких концентраций аэрозолей. Другим не менее важным преимуществом данных спутниковой альтиметрии, что измерения альтиметра проводятся относительно центра масс Земли, по этой причине современные вертикальные движения земной коры (СВДЗК) (Рисунок 1) на данные измерений с борта спутника не влияют. Однако перед тем как использовать данные спутниковой альтиметрии для различных исследований необходимо провести их верификацию, чему и посвящена данная статья.

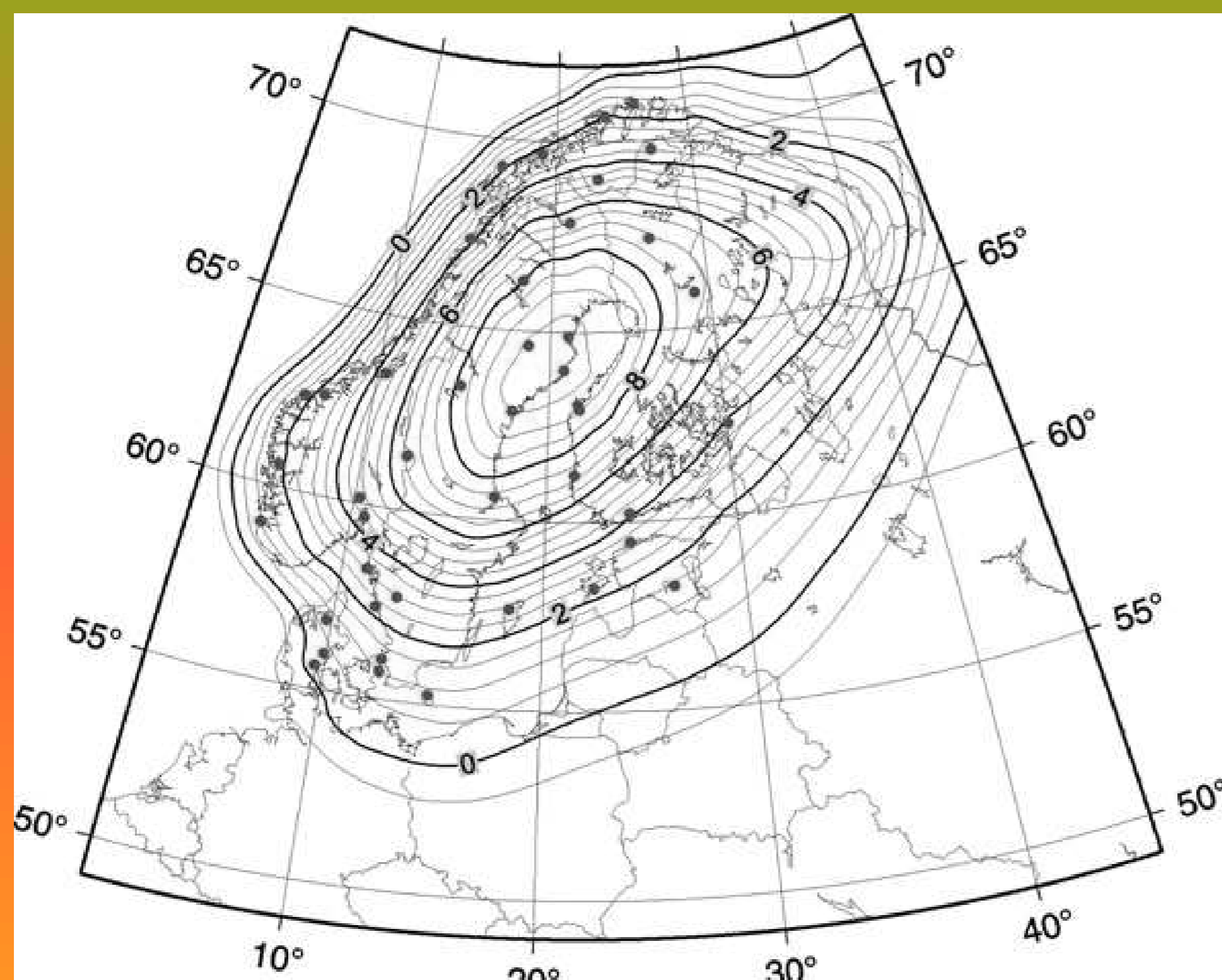
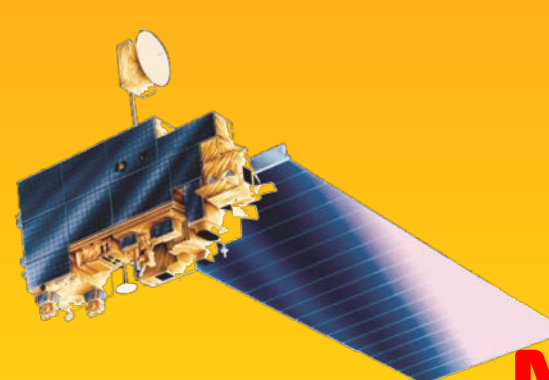


Рисунок 1. Карта СВДЗК Фенноскандии в мм/год, полученных по модели NKG2005LU (Agren, Svensson, 2002) Точками обозначены положения гравитационных измерений.



## Массивы данных и методика их обработки

Для исследования изменчивости уровня Балтийского моря оптимальными являются данные альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1/2. При обработке данных спутниковой альтиметрии учитывались все необходимые поправки («сухая тропосферная поправка, поправка на влажность, ионосферная поправка и т.д за исключением поправки приливы. Это обусловлено тем, что высоты приливов на Балтийском море составляют всего лишь несколько сантиметров, так как приливная океаническая волна, доходя до берегов Дании, утрачивает свою силу почти на 90% или затихает совсем.

Для верификации данных спутниковой альтиметрии использовались данные 22 уровневых постов (рисунок 3) Шведского гидрометеорологического института (SMHI).

Для каждого измерения наземного поста искалась ближайшая точка спутниковых данных отстоящая по времени не более, чем 30 минут и по расстоянию не более, чем на 10 км. Период времени выбирался исходя из периода измерения наземного поста. Расстояние – исходя из типичного расстояния между спутниковыми треками на акватории Балтийского моря.

По данным уровневых постов с учетом СВДЗК уровень Балтийского моря в Стокгольме падает со скоростью  $-3,94 \pm 0,81$  мм/год (центральная часть моря), а в Кронштадте (Финский залив) растет со скоростью  $+0,62 \pm 0,05$  мм/год (Рисунок 2). Без учета СВДЗК скорость роста уровня в этих пунктах соответственно составляет  $+1,51 \pm 0,32$  и  $+1,63 \pm 0,13$  мм/год (Лебедев, 2014), что в 1,5–2 раза ниже тенденции роста уровня Мирового океана. Этот факт говорит о том, что для исследования климатической изменчивости уровня как Мирового океана, так и Балтийского моря в частности, следует использовать данные альтиметрических измерений с борта ИСЗ. Эти измерения проводятся относительно центра масс Земли, по этой причине СВДЗК на данные измерений с борта спутника не влияют.

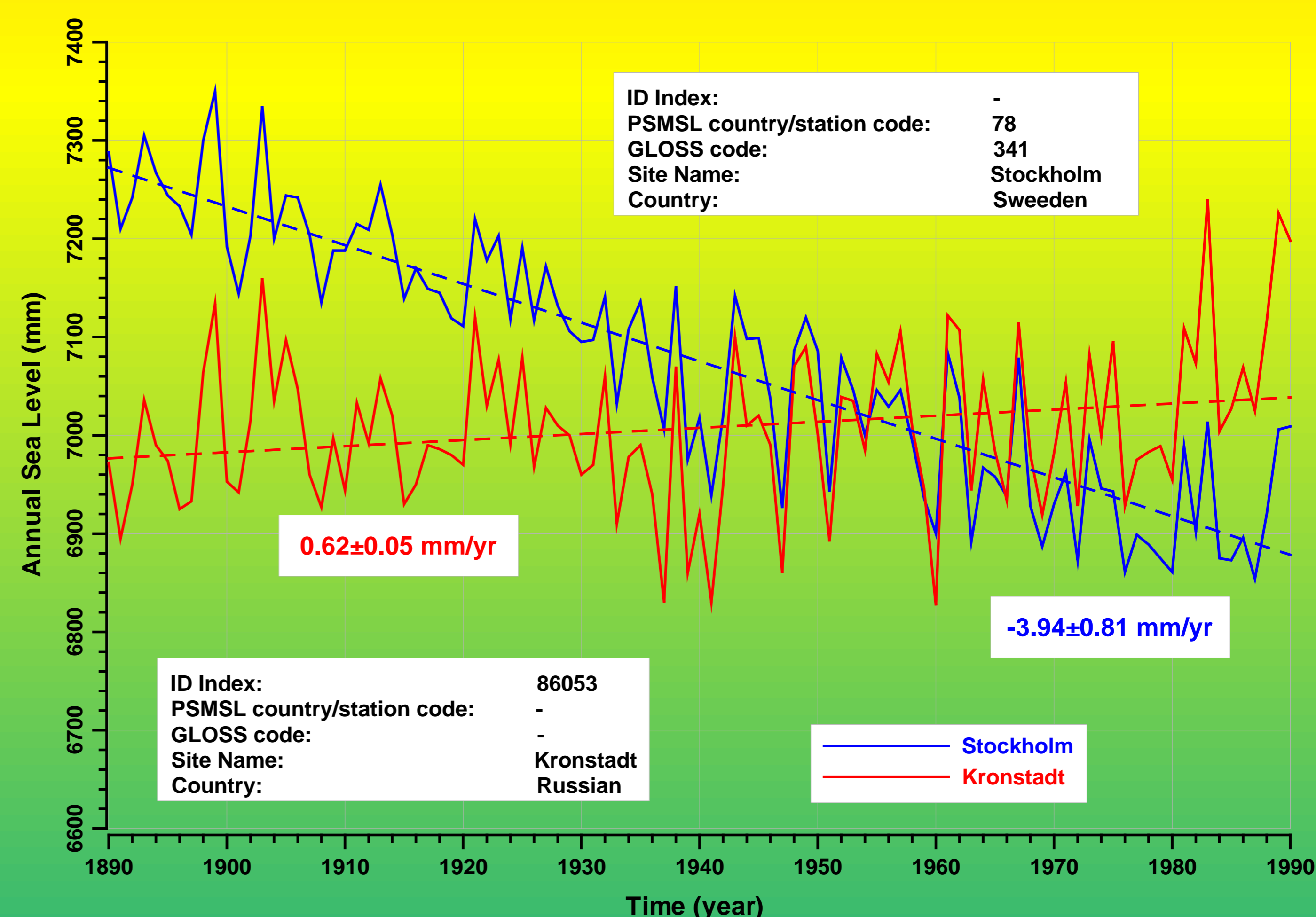


Рисунок 2. Графики временных рядов изменчивости уровня Балтийского моря по данным уровневых постов Стокгольм и Кронштадт. Климатический тренд показан штриховой линией (Lebedev, 2014).

## Результаты и их обсуждение

Результаты сравнительного анализа данных дистанционных зондирования и прямых измерений показали, что для большинства постов коэффициент корреляция уровня моря находится в диапазоне 0,84–0,96.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ позволяет сделать вывод от том, что данные спутниковой альтиметрии хорошо согласуются с данными измерений на уровневых постах и могут использоваться для исследований изменчивости уровня Балтийского моря.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-50059\_мол\_нр и при частичной поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00555), в рамках которого разработан алгоритм обработки данных спутниковой альтиметрии.

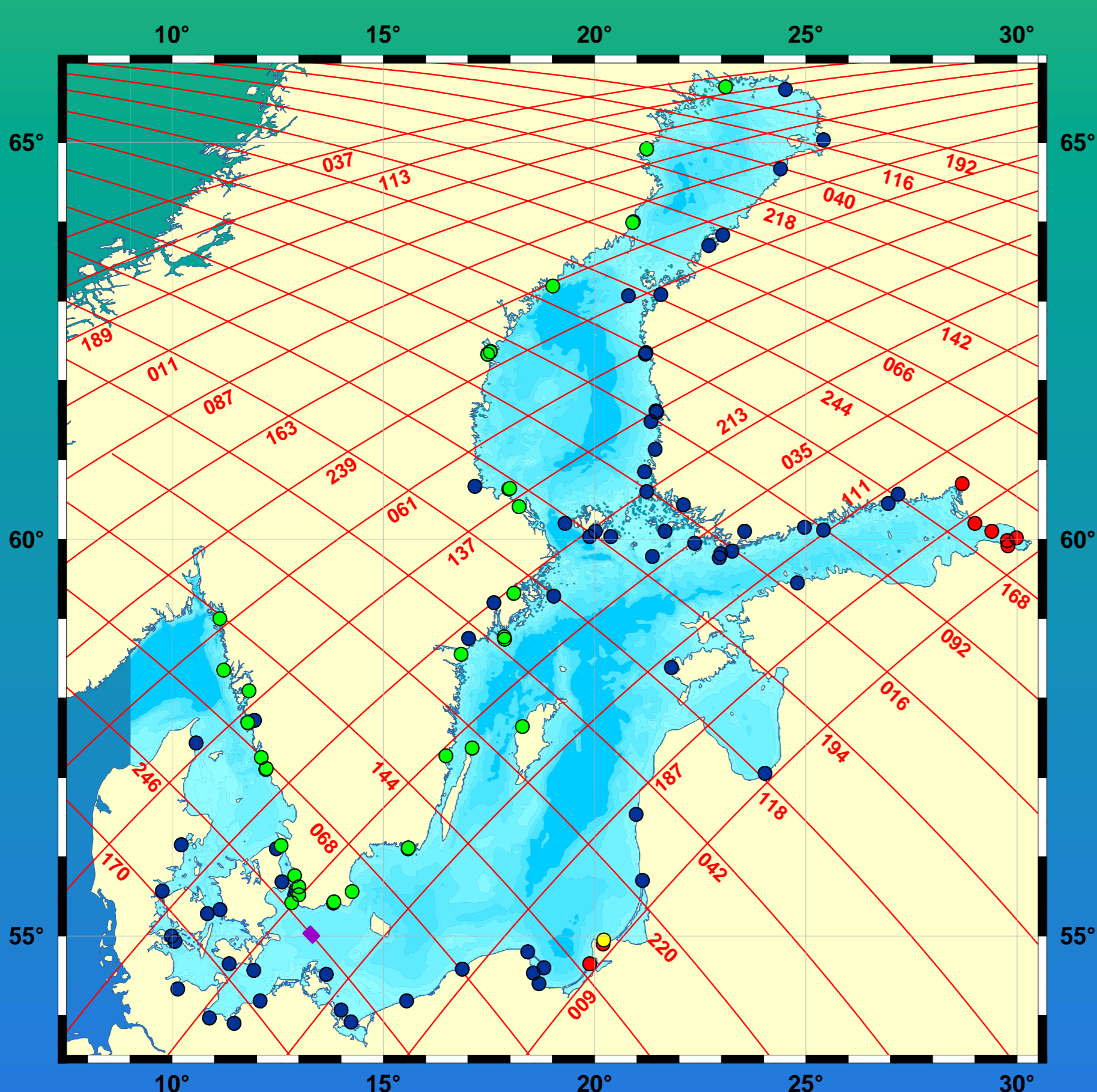


Рисунок 3. Расположение треков спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1/2 по акватории Балтийского моря. Зелеными кружками отмечено положение уровневых постов SMHI.