

Секция 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОПРАВКИ СПУТНИКОВОГО АЛЬТИМЕТРА НА СОСТОЯНИЕ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Бадулин С.И.¹, Григорьева В.Г.¹, Карпов И.О.¹, Шабанов П.А.¹, Шармар В.Д.¹

¹ – *Институт океанологии П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия, badulin.si@ocean.ru*

Аннотация. Предложена физическая модель расчета поправки спутникового альтиметра на состояние морской поверхности (sea state bias, SSB). Модель использует оценки крутизны волн по производным измеряемой значимой высоты волнения вдоль трека спутника.

Ключевые слова: спутниковая альтиметрия, sea state bias, крутизна волны, параметрическая модель

Расчет поправки на состояние морской поверхности (sea state bias, SSB) остается одной из основных проблем спутниковой альтиметрии, принципиальным образом ограничивающей точность измерения уровня морской поверхности. Величина этой поправки может достигать 3-4% значимой высоты волн и составлять десятки сантиметров.

Принято связывать величину SSB с тремя основными факторами. Электромагнитная коррекция (Electromagnetic bias, EMB) определяет занижение среднего измеряемого уровня из-за различной отражательной способности гребней и впадин морских волн. Гидродинамическая коррекция (Skewness bias, SB) также дает отрицательную поправку из-за характерной формы морских волн, связанной с особенностями их нелинейной динамики (как правило, заостренные гребни и выположенные ложбины волн). Третий фактор связан с ошибками ретрекинга (tracker bias, TB) – зависимостью сигнала от способа обработки и особенностей конкретного альтиметра.

Перечисленные факторы не могут быть выделены из интегральной поправки, практическое определение которой проводится относительно среднего уровня морской поверхности (MSL – Mean sea level) и требует накопления и обработки большого количества данных (Labroue et al. 2004). Параметрические методы позволяют существенно снизить требования к количеству данных для валидации алгоритмов обработки и, таким образом, ускорить получение конечных скорректированных данных. В качестве параметров для таких зависимостей обычно рассматриваются измеряемые альтиметрами значимая высота волн H_s и скорость приводного ветра U_{10} . Для улучшения качества параметризации в последнее время дополнительно используют период волнения (обычно T_z – zero-crossing period), который не является измеряемой характеристикой, а получается либо из данных альтиметрии (параметрические зависимости $T_z(H_s, \sigma_0)$, σ_0 – удельное сечение обратного рассеяния), либо рассчитывается с помощью спектральных моделей морского волнения (например, WaveWatch) (Pires et al. 2016).

В настоящей работе предлагается новый способ оценки SSB. Однопараметрическая зависимость связывает SSB и крутизну морского волнения, которая рассчитывается с помощью физической модели, учитывающей динамику волнения вдоль альтиметрического трека (Badulin 2014, Badulin et al. 2018).

Предложенная параметризация тестировалась на GDR данных миссий Jason-3 и SARAL/AltiKa. Показана высокая корреляция результатов, полученных различными методами. На точность новой модели при оценке SSB влияет относительно высокий шум производной высоты волнения вдоль трека, которая рассчитывается при оценке крутизны волны. В то же время, компенсация систематической ошибки измерений высоты волнения при вычислении производной обеспечивает устойчивость полученных параметрических зависимостей. Показано, что для практического применения полученных зависимостей достаточно относительно небольшой продолжительности измерений (около 10 циклов для миссии Jason-3 и 3-5 циклов SARAL/AltiKa).

Построенные климатические распределения SSB показывают хорошее качественное и количественное согласие с результатами, полученными с помощью обычно используемых H_s-U_{10} параметрических моделей. Эти распределения позволяют рассмотреть и оценить количественно вклад именно гидродинамической поправки (SB) в конечную величину SSB. Поскольку физическая модель крутизны волнения и, следовательно, предлагаемая параметризация SSB применимы для относительно коротких волн, климатические распределения SSB позволяют идентифицировать области доминирующего ветрового волнения или зыби (т.н. swell pools).

Работа выполнена в рамках темы госзадания №0149-2019-0001 Института океанологии П.П. Ширшова РАН. Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований (грант 19-05-00147А) за поддержку работы.

Литература

1. S. Labroue, P. Gaspar, J. Dorandeu, O. Zanifé, F. Mertz, P. Vincent, D. Choquet, Nonparametric estimates of the sea state bias for the Jason-1 radar altimeter, *Marine Geodesy* 27 (3-4) (2004) 453–481.
2. N. Pires, M. J. Fernandes, C. Gommenginger, R. Scharroo, A conceptually simple modeling approach for Jason-1 sea state bias correction based on 3 parameters exclusively derived from altimetric information, *Remote Sens.* 8 (576) (2016) 1–13
3. S. I. Badulin, A physical model of sea wave period from altimeter data, *J. Geophys. Res. Oceans* 119. doi:10.1002/2013JC009336.
4. S. Badulin, V. Grigorieva, A. Gavrikov, V. Geogjaev, M. Krinitskiy, M. Markina, Wave steepness from satellite altimetry for wave dynamics and climate studies, *Russ. J. Earth. Sci.* 18 (2018) ES5005. doi:10.2205/2018ES000638.

A PHYSICAL MODEL OF SEA STATE BIAS FOR SATELLITE ALTIMETRY

Badulin S.I.¹, Grigorieva V.G.¹, Karpov I.O.¹, Shabanov P.A.¹, Sharmar V.D.¹

¹ – *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, badulin.si@ocean.ru*

Abstract. A physical model of sea state bias (SSB) is developed based on estimates of sea wave steepness as function of along-track derivatives of significant wave height. Quality of the parametric model is assessed for altimetry missions Jason-3 and SARAL/AltiKa.

Key words: satellite altimetry, sea state bias, wave steepness, parametric model.