

Межгодовые колебания уровня Балтийского моря в конце XX - начале XXI веков

Научный руководитель – Захарчук Евгений Александрович

Виноградов Михаил Владимирович

Студент (магистр)

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле,
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: vinogradov_mixa@mail.ru

В настоящий момент процессы глобального изменения климата формируют устойчивую тенденцию к росту среднего уровня Мирового океана. Причём за последние десятилетия повышение уровня существенно усилилось – с 1.3-1.9 мм/год в XX веке до 3.7 мм/год в начале XXI века, что представляет большую угрозу для безопасности густонаселённых прибрежных территорий [4]. В этих условиях наиболее уязвимыми к неблагоприятным последствиям становятся акватории замкнутых и полужамкнутых морей, к числу которых относится и Балтийское море [1, 6]. Примечательной особенностью этого моря является значительная межгодовая изменчивость уровня моря [5, 7], причины которой до сих пор остаются слабо изучены и потому представляют большой интерес для современной науки.

Целью данной работы является оценка основных механизмов многолетних колебаний уровня Балтийского моря, наблюдаемых за последние 30 лет. Методология исследования опирается на теорию крупномасштабных колебаний уровня [2, 3], в соответствии с которой, локальная изменчивость уровня моря определяется 3-мя группами факторов: динамическими силами атмосферы (изменениями атмосферного давления, трением ветра), стерическими колебаниями уровня и изменениями составляющих водного баланса (водообмена, количества осадков, испарения, речного стока). Исходными данными выступали: записи мареографных станций (PSMSL, BOOS), оценки спутниковой альтиметрии (AVISO+), морской (Baltic Sea Physics Analysis and Forecast) и метеорологической (ERA-5) моделей реанализа, а также измерения с гидрологических постов (GRDC). В рамках текущего исследования были проведены: оценка многолетних трендов уровня и его гидрометеорологических факторов, их взаимный корреляционный и вейвлет анализы, а также множественный регрессионный анализ.

Результаты показали, что основную роль в современном росте среднего уровня Балтийского моря (4.68-4.77 мм/год) играют крупномасштабные изменения водообмена, при которых общий отток вод снижается, а приток вод из Северного моря, наоборот, начинает увеличиваться. В то же время межгодовые колебания уровня моря имеют высокую корреляцию с 4-мя факторами: касательным трением ветра, баристатическими возмущениями уровня, водообменом и количеством осадков. Причём когерентность уровня с ветром закономерно прослеживается на всей области спектра, а связь с другими параметрами отмечалась, преимущественно, на периодах 1.5-4 года. Оценки же количественных вкладов в дисперсию уровня подтвердили преобладающее влияние только 3-х параметров: касательного трения ветра (56.2%), атмосферных осадков (16.7%) и водообмена с Северным морем (15%).

Источники и литература

- 1) Suursaar & Kall. Decomposition of Relative Sea Level Variations at Tide Gauges Using Results From Four Estonian Precise Levelings and Uplift Models // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2018. (11). С. 1966–1974.

- 2) Leppäranta & Myrberg. Physical Oceanography of the Baltic Sea / M. Leppäranta, K. Myrberg, Springer Science & Business Media, 2009. 423 с.
- 3) Lisitzin E. Sea-Level Changes / E. Lisitzin, Elsevier, 1974. 295 с.
- 4) Calvin et. al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland. 2023.
- 5) Ekman M. The changing level of the Baltic Sea during 300 years: a clue to understanding the earth / M. Ekman, Godby: Summer Institute for Historical Geophysics, 2009. 155 с.
- 6) Hünicke et. al. Recent Change—Sea Level and Wind Waves. The BACC II Author Team, Cham: Springer International Publishing, 2015.C. 155–185.
- 7) Madsen K. Sea Level Trends and Variability of the Baltic Sea From 2D Statistical Reconstruction and Altimetry // Frontiers in Earth Science. 2019. (7).

Иллюстрации

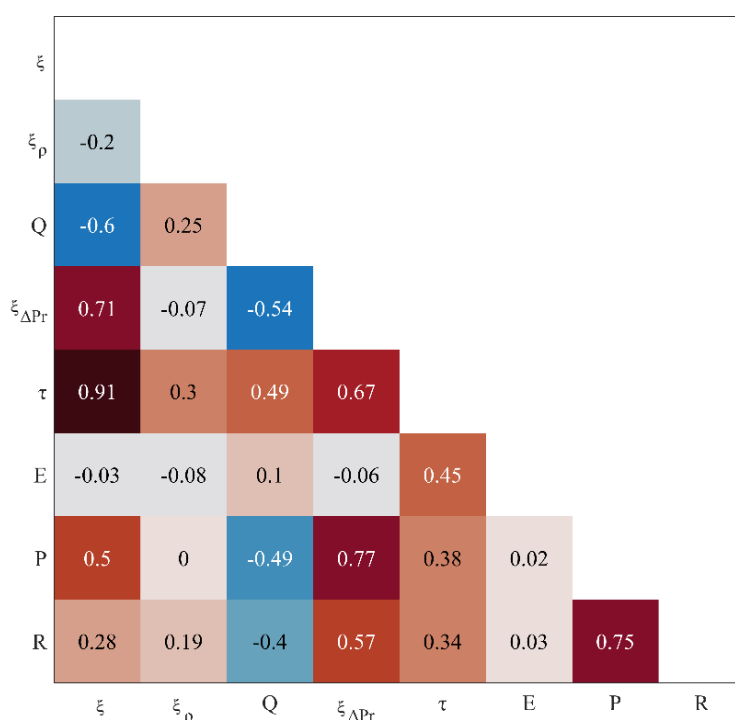


Рис. : Матрица взаимной корреляции уровня Балтийского моря ξ и его гидрометеорологических факторов за период 1993-2021 гг.: ξ_ρ - стерические колебания уровня, Q - водообмен с Северным морем, $\xi_{\Delta Pr}$ - баристатические колебания уровня, τ - касательное трение ветра, P – атмосферные осадки, E - испарение, R - речной сток.

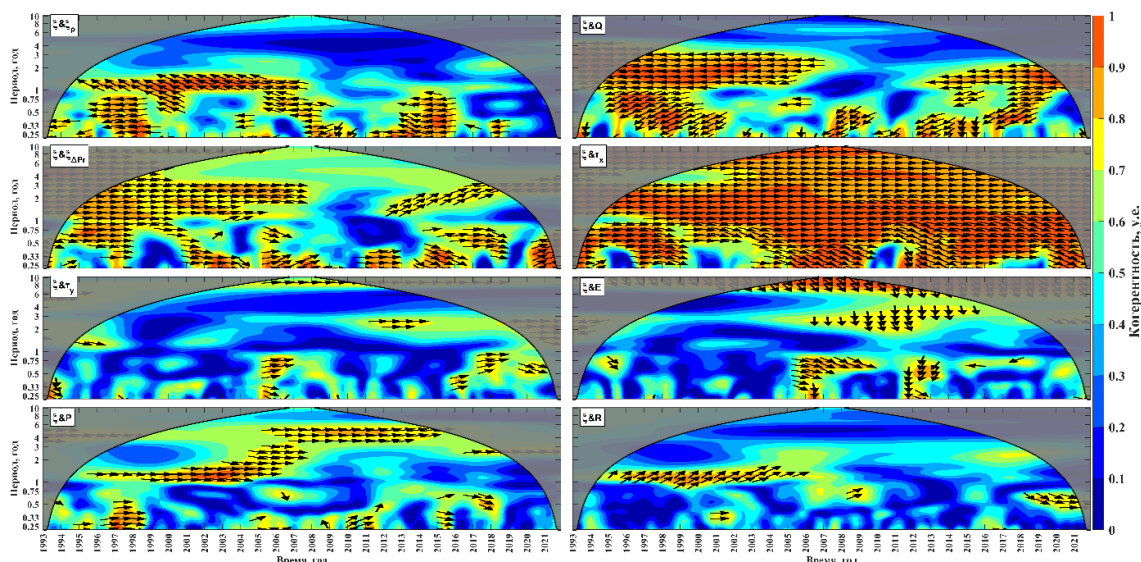


Рис. : Взаимные вейвлет-диаграммы уровня Балтийского моря ξ и его гидрометеорологических факторов за период 1993-2021 гг.: ξ_ρ - стерические колебания уровня, Q - водообмен с Северным морем, $\xi_{\Delta Pr}$ - баристатические колебания уровня, τ - касательное трение ветра, P - атмосферные осадки, E - испарение, R - речной сток.

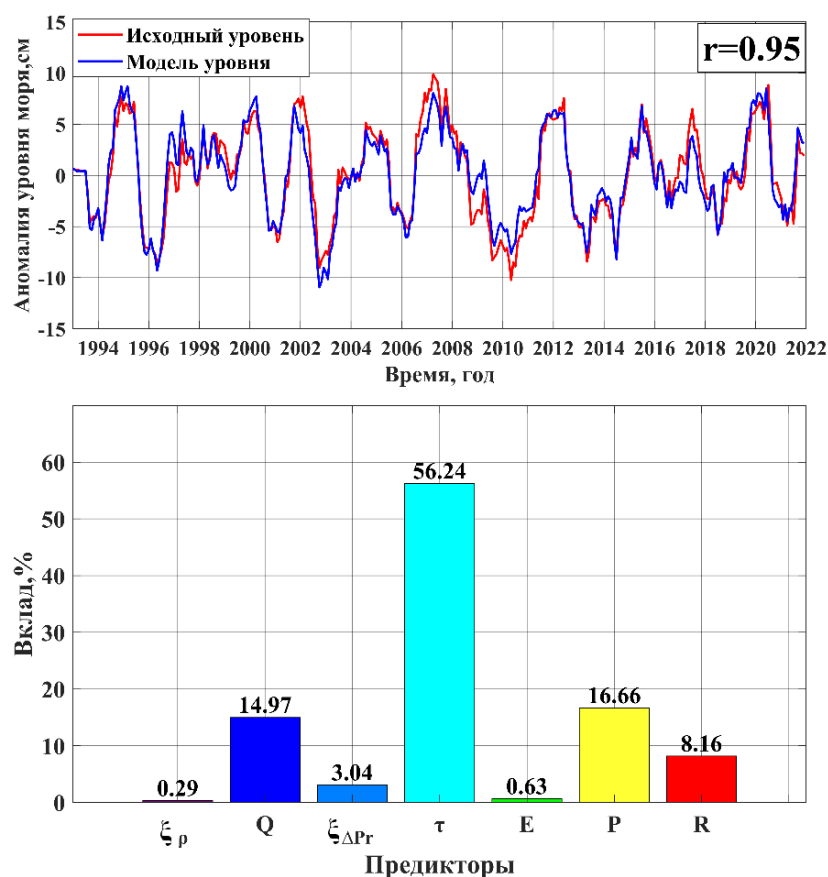


Рис. : Количественные вклады гидрометеорологических факторов в дисперсию уровня Балтийского моря ξ за период 1993-2021 гг.: ξ_ρ - стерические колебания уровня, Q - водообмен с Северным морем, $\xi_{\Delta Pr}$ - баристатические колебания уровня, τ - касательное трение ветра, P - атмосферные осадки, E - испарение, R - речной сток.