

Анализ зависимости показателя ослабления подводной фотосинтетически активной радиации от концентрации хлорофилла-а и окрашенных растворенных органических веществ в отдельных районах залива Петра Великого

¹Горбов Максим Иванович (<https://orcid.org/0009-0001-0057-0869>), gorbov.mi@poi.dvo.ru

¹Салюк Павел Анатольевич (<https://orcid.org/0000-0002-3224-710X>), psalyuk@poi.dvo.ru

²Павлов Андрей Николаевич (<https://orcid.org/0000-0001-6099-1174>), anpavlov@iacp.dvo.ru

¹Гаревских Георгий Павлович (<https://orcid.org/0009-0002-8528-6062>), garevskih.gp@poi.dvo.ru

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильчева ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия

Резюме [PDF RUS](#) [PDF ENG](#)

Полный текст [PDF RUS](#)

Резюме. Работа посвящена решению проблемы определения региональных связей между характеристиками подводного светового поля и биооптическими характеристиками водной толщи. Цель исследования – определить влияние концентраций хлорофилла-а (хл-а) (C) и окрашенных растворенных органических веществ (ОРОВ) (D) на изменчивость подводной фотосинтетической активной радиации (ФАР) для отдельных районов зал. Петра Великого Японского моря (заливы Амурский, Уссурийский, Посытая). Для этого проанализирована зависимость показателя ослабления (KPAR) подводной ФАР от каждой из указанных биооптических характеристик в данных районах. Экспериментальные данные получены с помощью измерений концентраций хл-а и ОРОВ мультипараметрическим зондом SeaBird SBE 19-plus со сферическим датчиком ФАР Licor Li-193 и калиброванными флуоресцентными датчиками WETStar. В работе использовалось три вида моделей: KPAR рассчитывается только через C (mC), только через D (mD) и одновременно через C и D (mCD). Получено, что в Амурском и Уссурийском заливах изменчивость KPAR в первую очередь определяется вариацией содержания ОРОВ, а в зал. Посытая – вариацией концентрации хл-а. Одновременный учет концентраций хл-а и ОРОВ (модель mCD) во всех проанализированных случаях позволяет увеличить точность оценки KPAR из измерений содержания оптически активных компонентов на 30–40 %, а для общей модели в ~2 раза по сравнению с учетом только концентрации хл-а. При использовании общей модели mCD для разных районов зал. Петра Великого показатель KPAR определен со следующими относительными среднеквадратичными ошибками: $RMSE \%_{Amur}^{mCD} = 23.6$, $RMSE \%_{Ussur}^{mCD} = 19.3$, $RMSE \%_{Posyet}^{mCD} = 15.5$. Целесообразно использовать общую модель вида mCD, поскольку она демонстрирует более высокую адаптивность к региональным условиям зал. Петра Великого.

Ключевые слова:

подводная фотосинтетически активная радиация, окрашенные растворенные органические вещества, хлорофилл-а, биооптические характеристики, оптически активные компоненты, Японское море

Для цитирования: Горбов М.И., Салюк П.А., Павлов А.Н., Гаревских Г.П. Анализ зависимости показателя ослабления подводной фотосинтетически активной радиации от концентрации хлорофилла-а и окрашенных растворенных органических веществ в отдельных районах залива Петра Великого. *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 4, с. 361–369. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.4.361-369> ; <https://www.elibrary.ru/yeqta>

For citation: Gorbov M.I., Salyuk P.A., Pavlov A.N., Garevskikh G.P. Dependence of the diffuse attenuation coefficient for photosynthetically active radiation on chlorophyll-a and colored dissolved organic matter in Peter the Great Bay. *Geosistemy perehodnykh zon* = Geosystems of Transition Zones, 2025, vol. 9, No. 4, pp. 361–369. (In Russ.).

<https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.4.361-369> ; <https://www.elibrary.ru/yeqta>

Список литературы

1. Churilova T., Suslin V., Moiseeva N., Efimova T. **2020.** Phytoplankton bloom and photosynthetically active radiation in coastal waters. *Journal of Applied Spectroscopy*, 86: 1084–1091. <https://doi.org/10.1007/s10812-020-00944-0>

2. Ryther J. **1956.** Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnology and Oceanography*, 1(1): 61–70. <https://doi.org/10.4319/lo.1956.1.1.0061>
3. Westberry T.K., Silsbe G.M., Behrenfeld M.J. **2023.** Gross and net primary production in the Global Ocean: An ocean color remote sensing perspective. *Earth-Science Reviews*, 237: 104322. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104322>
4. Nechad B., Ruddick K. **2010.** A model of diffuse attenuation of the downwelling irradiance for ecosystem models. *Remote Sensing of the Coastal Ocean, Land, and Atmosphere Environment*, 7858. <https://doi.org/10.1111/12.872979>
5. Mobley C.D., Chai F., Xiu P., Sundman L.K. **2015.** Impact of improved light calculations on predicted phytoplankton growth and heating in an idealized upwelling-downwelling channel geometry. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(2): 875–892. <https://doi.org/10.1002/2014JC010588>
6. Глуховец Д.И., Салюк П.А., Шеберстов С.В., Вазюля С.В., Салинг И.В., Степочкин И.Е. **2021.** Восстановление полного комплекса оптических характеристик для оценки теплосодержания в южной части Баренцева моря в июне 2021 г. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 18(5): 214–225. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-5-214-225>
7. Xing X., Lee Z., Xiu P., Chen S., Chai F. **2022.** A dual-band model for the vertical distribution of photosynthetically available radiation (PAR) in stratified waters. *Frontiers in Marine Science*, 9: 928807. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.928807>.
8. Xing X., Boss E. **2021.** Chlorophyll-based model to estimate underwater photosynthetically available radiation for modeling, in-situ, and remote-sensing applications. *Geophysical Research Letters*, 48. <https://doi.org/10.1029/2020GL092189>
9. Renosh P.R. et al. **2023.** Vertically resolved Global Ocean light models using machine learning. *Remote Sensing*, 15(24): 5663. <https://doi.org/10.3390/rs15245663>
10. Латушкин А.А., Салюк П.А., Суслин В.В., Мартынов О.В. **2023.** Региональный алгоритм расчета толщины фотического слоя из вертикального профиля показателя ослабления направленного света на примере северо-западной части моря Уэдделла. *Океанология*, 63(4): 628–633. <https://doi.org/10.31857/S0030157423040081>
11. IOCCG. **2000.** *Remote sensing of ocean color in coastal, and other optically complex waters* (Ed. S. Sathyendranath). Dartmouth, Canada: IOCCG. (Reports of the International Ocean-Color Coordinating Group; no. 3).
12. Sempéré R., Para J., Tedetti M., Charrière B., Mallet M. **2015.** Variability of solar radiation and CDOM in surface coastal waters of the northwestern Mediterranean Sea. *Photochemistry and Photobiology*, 91(4): 851–861. <https://doi.org/10.1111/php.12434>
13. Gohin F., Loyer S., Lunven M., Labry C., Froidefond J.-M., Delmas D., Herblant A. **2005.** Satellite-derived parameters for biological modeling in coastal waters: Illustration over the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *Remote Sensing of Environment*, 95(1): 29–46. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.007>
14. Букин О.А., Салюк П.А., Майор А.Ю., Павлов А.Н. **2005.** Исследование процессов воспроизведения органического вещества клетками фитопланктона методом лазерной индуцированной флуоресценции. *Оптика атмосферы и океана*, 18(11): 976–983. EDN: [HRPKFZ](#)
15. Чурилова Т.Я., Суслин В.В., Сосик Х.М. **2009.** Спектральная модель подводной облученности в Черном море. *Морской гидрофизический журнал*, 6: 33–46. EDN: [VKGALV](#)
16. Kirk J. **2010.** *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. 3rd ed. UK: Cambridge University Press, 662 p. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139168212>