

Научная статья  
УДК 556  
doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.003

## ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НАКАНУНЕ ОСОЛОНЕНИЯ УСТЬЕВОГО УЧАСТКА РЕКИ ПРЕГОЛИ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ БАЛТИКА)

**Надежда Вадимовна Двоеглазова<sup>1</sup>, Борис Валентинович Чубаренко<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>*Институт океанологии имени П. П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия*

<sup>1</sup>*Балтийский федеральный университет имени И. Канта, Калининград, Россия*

<sup>1</sup>*nadya2eyes@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3864-8086>*

<sup>2</sup>*chuboris@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7988-1717>*

### Аннотация

По результатам натурных измерений весной 2023 г. зафиксировано вторжение вод из приемного водоема (Калининградского залива) на 7,5 км вглубь устьевого участка реки Преголи (г. Калининград). Выявлено наличие двух ярко выраженных фронтальных разделов (первый — между морскими и заливными водами, второй — между солоноватыми водами Калининградского морского канала и пресными водами реки Преголи), а также зоны смешения с соленостью 4–5 psu длиной 20–25 км между ними. Отмечено, что придонная граница речного фронтального раздела находится существенно «глубже» в эстуарии реки Преголи, чем это наблюдалось на рубеже 2000-х гг. Зоны смешения в пределах Калининградского морского канала и Калининградского залива независимы, так как разделены цепочкой островов и являются разными гидрологическими объектами.

### Ключевые слова:

интрузии солоноватых вод, эстуарий, натурные данные, соленость, температура, река Преголя, Калининградский залив, Юго-Восточная Балтика

### Благодарности:

авторы благодарны научному сотруднику лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН, кандидату географических наук А. В. Килесо за помощь в проведении натурных наблюдений.

### Финансирование:

сбор натурных данных и их анализ выполнялись за счет государственного задания ИО РАН, темы № FMWE-2021-0012 и № FMWE-2024-0025 соответственно.

### Для цитирования:

Двоеглазова Н. В., Чубаренко Б. В. Гидрологическая ситуация накануне осолонения устьевого участка реки Преголи (Юго-Восточная Балтика) // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 1. С. 21–26. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.003.

Original article

## HYDROLOGICAL SITUATION ON THE EVE OF SALINIZATION OF THE MOUTH SECTION OF THE PREGOLYA RIVER (SOUTH-EAST BALTIC)

**Nadezhda V. Dvoeglazova<sup>1</sup>, Boris V. Chubarenko<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

<sup>1</sup>*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

<sup>1</sup>*nadya2eyes@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3864-8086>*

<sup>2</sup>*chuboris@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7988-1717>*

### Abstract

Based on the results of field measurements in the spring of 2023, the water intrusion from the receiving reservoir (Vistula Lagoon) 7.5 km deep into the mouth section of the Pregolya River (Kaliningrad) was recorded. The presence of two sharp frontal zones was revealed (the first one is between the marine and lagoon waters, the second one is between the brackish waters of the Kaliningrad Sea Canal and the fresh waters of the Pregolya River), as well as a mixing zone (salinity of 4–5 psu) 20–25 km long between them. It is noted that the near-bottom boundary of the river frontal zone is significantly “deeper” in the estuary of the Pregolya River than it was observed at the turn of the 2000s. The mixing zones within the Kaliningrad Sea Canal and the Vistula Lagoon are independent, because they are separated by a chain of islands, and the lagoon and canal are different hydrological objects.

### Keywords:

brackish water intrusions, estuary, natural data, salinity, temperature, Pregolya River, Vistula Lagoon, South-East Baltic

### Acknowledgements:

the authors are grateful to their colleague researcher of the Laboratory for Coastal Systems Study AB IORAS PhD (Geo. Sci.) Alexander Kileso for the assistance in the field observations.

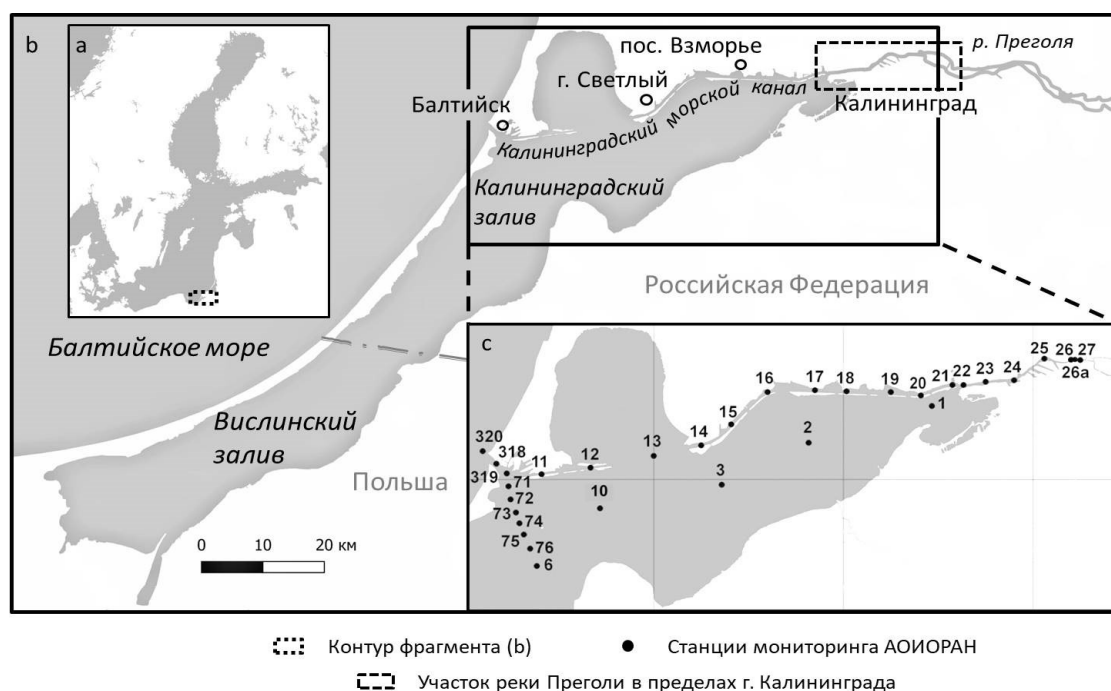
**Funding:**

the data collection and interpretation of field data were carried out at the expense of the state assignment of the IO RAS (themes No. FMWE-2021-0012 and No. FMWE-2024-0025 respectively).

**For citation:**

Dvoeglazova N. V., Chubarenko B. V. Hydrological situation on the eve of salinization of the mouth section of the Pregolya River (South-East Baltic). *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities*, 2024, Vol. 3, No. 1, pp. 21–26. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.003.

Согласно закономерностям сезонных изменений гидрологической структуры в устьевой области реки Преголи, в том числе на ее эстуарном участке [1; 2], включающем Калининградский морской канал (станции 11–21, рис. 1), весной внутренняя (пресноводная) граница фронтального раздела обычно располагается между г. Светлым и пос. Взморье (ст. 15–19, см. рис. 1), после чего в течение годового цикла (до зимнего сезона) происходит вторжение солоноватых вод вверх по каналу и реке (вплоть до ст. 27, см. рис. 1).



**Рис. 1.** Схема станций мониторинга АО ИОРАН<sup>1</sup> в Калининградском морском канале, Калининградском заливе и устьевом участке реки Преголи

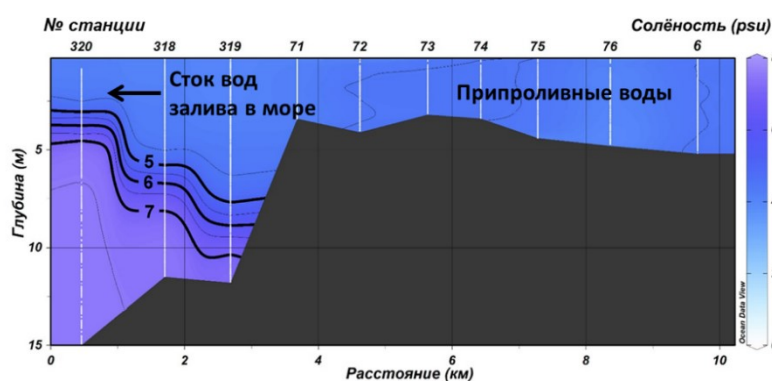
В качестве начала годового цикла наблюдений с целью оценки современного состояния пространственно-временной динамики гидрологических характеристик (солёности и температуры, с учетом вертикальной и горизонтальной стратификации) на устьевом взморье (Калининградский морской канал и Калининградский залив) и устьевом участке реки Преголи (выше ст. 22) были проведены детальные гидрологические съемки (вертикальные CTD-зондирования, 5 апреля 2023 г.) и выполнено сравнение с ранее полученными результатами.

Непрерывные вертикальные профили измерений температуры и солёности в точках мониторинга (см. рис. 1) были получены при выполнении CTD-зондирований с борта маломерного плавсредства (резиновой моторной лодки) прибором Idronaut Ocean Seven 316 Plus Multiparameter Probe.

По результатам натурных измерений весны 2023 г. зафиксированы две зоны смешения между морскими и речными водами — в Калининградском морском канале и в Калининградском заливе.

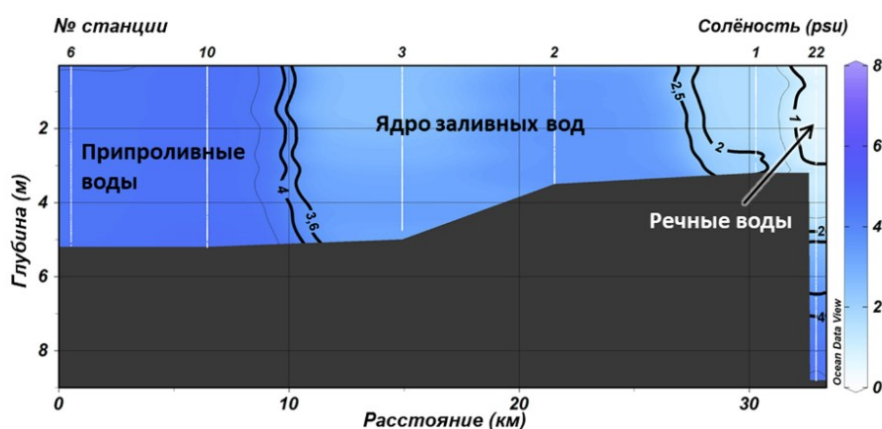
<sup>1</sup> Атлантическое отделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук.

В день проведения работ воды залива вытекали в море в поверхностном горизонте, и фронтальный раздел между морскими водами и водами залива (и канала) был явно выражен в промежуточных слоях с глубинами 2,5–11 м (ст. 320–319, рис. 2, 4). Контакт между морскими водами и водами залива осуществлялся. Воды залива, стекая в, попадали в море, имея типичную для припроливной части залива соленость (чуть более 4,5 psu). Морская вода с соленостью более 6 psu была перекрыта вытекающим потоком и не проникала в залив. Эта зона смешения морских и заливных вод обычно расположена на переходном участке между искусственно углубленным фарватером в Калининградском морском канале и более мелким Калининградским заливом. Существенная разница глубин (см. рис. 2) является препятствием для свободного проникновения более плотной морской воды в залив. Такие проникновения происходят во время подъема уровня вод моря различного генезиса [3; 4], но в момент проведения съемки реализовывалась обратная ситуация — происходил сток заливных вод в море.



**Рис. 2.** Вертикальные разрезы в поле солености в районе, примыкающем к выходу из Калининградского залива в море (по данным измерений 5 апреля 2023 г.)

Зона смешения в пределах Калининградского залива (рис. 3) характеризовалась фактически отсутствием вертикальных градиентов и слабыми горизонтальными градиентами. Большую ее часть занимали воды с соленостью, близкой к 3 psu (2,5–3,6 psu), которые образовывали ядро заливных вод, обрамленных с обеих сторон зонами повышенных градиентов. Одна из этих зон (горизонтальные градиенты порядка 1 psu/км) — это зона смешения ядра заливных вод с водами припроливной части залива, имеющими соленость более 4 psu. Вторая зона повышенных градиентов (горизонтальные градиенты порядка 0,7 psu/км) — зона смешения между ядром заливных вод и речными водами (см. рис. 3). Распресненная речным стоком вода не проникала далеко вглубь залива (на станции 2 значения солености по всей глубине составили около 3,6 psu).

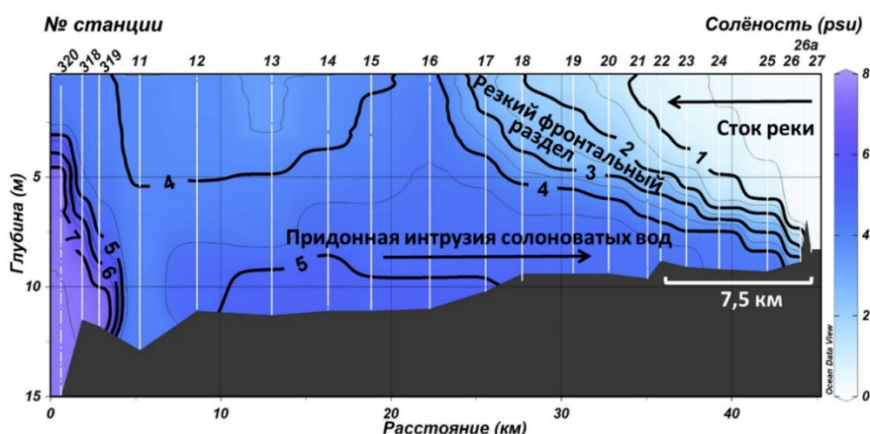


**Рис. 3.** Вертикальные разрезы в поле солености в Калининградском заливе (включена ст. 22, принадлежащая устьевому участку реки Преголи) по данным измерений 5 апреля 2023 г.

В зоне смешения, находящейся в пределах Калининградского морского канала, было выявлено наличие двух ярко выраженных фронтальных разделов (рис. 4). Первый из них (контакт морских вод и вод, наполняющих канал) был локализован на начальном участке канала (ст. 318–320). Второй был расположен в районе смешения вод Калининградского морского канала и пресных речных (ст. 16–26). Он имел ярко выраженную веерную структуру: сужение у дна и расширение у поверхности. Изменение солёности на 4 psu происходило в пределах 2 км у дна и 12 км (ст. 16–21) у поверхности. Величины горизонтальных градиентов (2 psu/км у дна и 0,3 psu/км у поверхности) были больше, чем типичные значения для весеннего сезона (0,2 psu на 1 км согласно [1]). Максимальные величины вертикальных градиентов у дна (1,5 psu/м на станции 26 или 2,46 psu за 1,6 м) были в 5 раз больше, чем максимальные вертикальные градиенты у поверхности (0,3 psu/м в верхних 5 м на станции 17, т. е. перепад на 1,7 psu на толще воды в 5,2 м).

Изотермы повторяют структуру солёности на первом фронтальном разделе (4,2–4,6 °C на ст. 320–319), а изотермы 5,4–5,8 °C — на втором (ст. 16–26). Максимальные значения температуры 5,8–6,0 °C были в районе ст. 24. Аналогичная структура прослеживалась и в структуре распределения мутности: 3–9 NTU на ст. 320–319 и 8–27 NTU на ст. 16–26.

Зафиксированное вторжение солоноватых вод в придонном слое (см. рис. 4) на 7,5 км вглубь устьевого участка реки Преголи (до верхней границы портовых акваторий, между ст. 26–26а) было более глубоким, чем могло бы ожидаться по данным 1990-х гг. [1]. Его внутренняя граница (пресноводная граница зоны смешения вод канала и реки) располагалась дальше в сторону реки Преголи (ст. 21–26), чем фиксировалось ранее (между ст. 15–18). Это может быть связано с отсутствием активного снеготаяния после зимы этого (2023) года и, как следствие, со слабым сдерживанием затоковых вод речным потоком. В свою очередь, это может быть проявлением общей закономерности потепления климата [5].



**Рис. 4.** Вертикальные разрезы в поле солёности в Калининградском морском канале и устьевом участке реки Преголи по данным измерений 5 апреля 2023 г.

Две зоны смешения между морскими и речными водами, в Калининградском морском канале и Калининградском заливе, существуют параллельно и имеют разные характеристики на сравнимых глубинах (до 3 м). Это обеспечивается барьерным разделением этих акваторий островами защитной дамбы (представлены на рис. 1, с). Проникновение вод сквозь проходы между островами возможны в основном при южных или северных ветрах, но объёмы водообмена незначительны.

## Выводы

По результатам натурных измерений весной 2023 г. зафиксированы две зоны смешения между морскими и речными водами — в Калининградском морском канале и в Калининградском заливе.

В пределах зоны смешения, находящейся в Калининградском морском канале, зафиксировано вторжение природной интрузии солоноватых вод (Калининградского залива) на 7,5 км вглубь устьевого участка реки Преголи (г. Калининград). Выявлено наличие двух ярко выраженных фронтальных

разделов (первый — между морскими и заливными водами, второй — между солоноватыми водами Калининградского морского канала и пресными водами реки Преголи), а также области смешения с соленостью 4–5 psu длиной 20–25 км между ними. Отмечено, что граница речного фронтального раздела находится существенно «глубже» в эстуарии реки Преголи, чем это наблюдалось на рубеже 2000-х гг.

Анализ гидрологических данных в Калининградском заливе (ст. 1–10) показал отсутствие эффективного взаимодействия его вод с водами Калининградского морского канала, т. е. проходы между разделяющими их островами защитной дамбы являются слабопроницаемой границей даже при воздействии ветра благоприятных (южных и северных) румбов. Таким образом, еще раз показано [2], что Калининградский морской канал и Калининградский залив, независимо от того что они разделены всего лишь цепочкой островов, являются разными гидрологическими объектами.

### Список источников

1. Чубаренко Б. В., Шкуренок В. И. Особенности гидрологической структуры вод в эстуарии реки Преголи и в точке стоянки НИС «Витязь» // Экологические проблемы Калининградской области и Юго-Восточной Балтики. Калининград. КГУ. 1999. С. 41–47.
2. Chubarenko B., Domnin D., Navrotskaya S., Stont Zh., Chechko V., Bobykina V., Pilipchuk V., Karmanov K., Domnina A., Bukanova T., Topchaya V., Kileso A. Transboundary Lagoons of the Baltic Sea (Chapter 6). [In] R. Kosyan (ed.) The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence, Estuaries of the World. Springer. Switzerland, 2017. pp. 149–191. doi:10.1007/978-3-319-43392-9\_6.
3. Железова Е. В., Чубаренко Б. В. Гидрологические условия в Калининградском / Вислинском заливе Балтийского моря при наличии стационарной припроливной полыньи в 2021 г. // Океанологические исследования. 2022. Т. 50, № 2. С. 56–71. doi:10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(2).3.
4. Chubarenko B. V., Zakirov R. B. Water Exchange of Nontidal Estuarine Coastal Vistula Lagoon with the Baltic Sea. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering. 2021, Vol. 147, No 4, pp. 05021005.
5. Стонт Ж. И., Навроцкая С. Е., Чубаренко Б. В. Многолетние тенденции изменчивости гидрометеорологических характеристик в Калининградском регионе // Океанологические исследования. 2020. Т. 48, № 1. С. 45–61. doi:10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(1).3.

### References

1. Chubarenko B. V., Shkurenko V. I. Osobennosti gidrologicheskoy struktury vod v estuarii reki Pregoli i v tochke stojanki NIS “Vityaz” [Features of the hydrological structure of waters in the estuary of the Pregol River and at the anchorage point of the R/V Vityaz]. *Ekologicheskie problemy Kaliningradskoj oblasti i Jugo-Vostochnoj Baltiki* [Ecological problems of the Kaliningrad region and the South-East Baltic]. Kaliningrad, KGU, 1999, pp. 41–47. (In Russ.).
2. Chubarenko B., Domnin D., Navrotskaya S., Stont Zh., Chechko V., Bobykina V., Pilipchuk V., Karmanov K., Domnina A., Bukanova T., Topchaya V., Kileso A. Transboundary Lagoons of the Baltic Sea (Chapter 6). [In] R. Kosyan (ed.) The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence, Estuaries of the World. Springer. Switzerland, 2017, pp. 149–191. doi:10.1007/978-3-319-43392-9\_6.
3. Zhelezova E. V., Chubarenko B. V. Gidrologicheskie uslovija v Kaliningradskom / Vislinskom zalive Baltijskogo morja pri nalichii stacionarnoj priprolivnoj polyn'i v 2021 g. [Hydrological conditions in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea in the presence of a stationary strait polynya in 2021]. *Okeanologicheskie issledovanija* [Journal of Oceanological Research], 2022, Vol. 50, No 2, pp. 56–71. doi:10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(2).3. (In Russ.).
4. Chubarenko B. V., Zakirov R. B. Water Exchange of Nontidal Estuarine Coastal Vistula Lagoon with the Baltic Sea. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 2021, Vol. 147, No 4, pp. 05021005.
5. Stont Z. I., Navrotskaya S. E., Chubarenko B. V. Mnogoletnie tendencii izmenchivosti gidrometeorologicheskikh harakteristik v Kaliningradskom regione [Long-term tendencies in variations of hydro-meteorological characteristics in Kaliningrad Oblast]. *Okeanologicheskie issledovanija* [Journal of Oceanological Research], 2020, Vol. 48, No 1, pp. 45–61. doi:10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(1).3. (In Russ.).

***Информация об авторах***

**Н. В. Двоеглазова** — аспирант; старший лаборант;

**Б. В. Чубаренко** — кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией.

***Information about the authors***

**N. V. Dvodeglazova** — PhD student, assistant;

**B. V. Chubarenko** — PhD (Phys. and Math. Sci.), Head of Laboratory.

Статья поступила в редакцию 27.08.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 21.12.2023.

The article was submitted 27.08.2023; approved after reviewing 20.12.2023; accepted for publication 21.12.2023.