

Рассмотрены возможности использования индексов глобальной атмосферной циркуляции и температуры поверхности океана для сверхдолгосрочного прогнозирования среднемесячных аномалий температуры воздуха на территории Беларуси на основе методов машинного обучения и нейронных сетей. Показана перспективность прогностических моделей, использующих в качестве предикторов пространственные распределения температуры поверхности океана и временные ряды климатических индексов.

УДК 504.4

Л. Д. БАШИРОВА, В. В. СИВКОВ, М. О. УЛЬЯНОВА

Россия, Калининград, БФУ имени Иммануила Канта

Россия, Калининград, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН

E-mail: bas_leila@mail.ru

КЛИМАТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ

Разбалансировка глобальной климатической системы, отсутствие надежных прогностических моделей изменения климата, а также значительное влияние этих изменений и их последствий на социально-экономическую сферу жизни человека определили международную климатическую повестку на несколько десятилетий вперед.

Подписав Парижское соглашение в 2016 г., Россия обязалась внести вклад в достижение общей цели – снижения эмиссии парниковых газов в атмосферу. С этого времени началась так называемая низкоуглеродная трансформация России. В 2021 г. запущена программа создания и функционирования карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса в экосистемах России. В 2022 г. разработана и утверждена Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений до 2030 г. В октябре того же года распоряжением Правительства Российской Федерации № 3240-р был утвержден важнейший инновационный проект государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Для реализации программ экологического и климатического мониторинга в России было создано несколько консорциумов, один из которых –

консорциум № 2 «Центр климатического и экологического мониторинга океана и морей России (Океан: мониторинг и адаптация)». Главным партнером консорциума является Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН, одним из исполнителей – БФУ имени И. Канта, который разрабатывает и применяет систему климатического и экологического мониторинга Балтийского моря.

В контексте глобальной климатической повестки Балтийское море представляет собой выраженный максимум секвестрирования CO₂. Здесь чрезвычайно высок уровень эвтрофикации вод и, как следствие, скорость первичного биопродуцирования (фотосинтеза). В донных осадках депонируется большое количество органического вещества. Кроме того, у побережья Калининградской области разрабатываются самые крупные в Балтийском регионе месторождения углеводородов, и их эмиссия из глубин земной коры в гидросферу и атмосферу также требует оценки.

Природные изменения экосистемных параметров в виде устойчивых отклонений от средних величин могут быть замечены и иногда даже предсказаны только при условии проведения длительных, регулярных и крупномасштабных съемок на региональном уровне. Это необходимо принимать во внимание при определении пространственно-временной схемы регионального модуля мониторинга. Кратковременные (эпизодические) наблюдения позволяют уловить лишь случайные отклики экосистемы, оценка и тем более прогноз которых чрезвычайно затруднены.

Включение в состав регионального модуля мониторинга регулярных обследований ключевых районов прибрежно-морской и береговой зоны основано на том, что наиболее активный энерго- и массообмен происходит в береговой зоне моря. Этим, в частности, объясняется богатство и разнообразие ландшафтов морских мелководий. Как следствие, зона максимальной экологической чувствительности примыкает к берегу.

В данной работе представлена структура системы наблюдений за состоянием экосистемы Балтийского моря, разработанная в 2022–2023 гг. в рамках реализации программ климатического и экологического мониторинга. Система мониторинга Балтийского моря включает следующие виды наблюдений за состоянием морской среды: спутниковый мониторинг, судовой мониторинг и береговой мониторинг. В качестве стационарного пункта мониторинга используется метеорологическая мачта высотой 57 м, установленная на побережье Балтийского моря для мониторинга параметров приземного слоя атмосферы.

В течение 2022–2023 гг. выделены и изучаются основные параметры мониторинга, позволяющие наблюдать сезонные и межгодовые изменения состояния российской части Балтики и мелководных лагун (таблица).

Таблица – Основные параметры климатического и экологического мониторинга

Климатический мониторинг	Экологический мониторинг
Потоки CO ₂ на границе «вода – воздух»	Элементы карбонатной системы (показатели щёлочности и pH)
Потоки метана на границе «вода – воздух»	Распределение хлорофилла «а» в водной толще
Потоки взвешенного осадочного вещества и углерода во взвеси	Пространственное распространение взвешенного осадочного вещества в водной толще
Первичная продукция фитопланктона для пересчета на потоки углерода и углекислого газа	Функционирование фитопланктонного и зоопланктонного сообществ
	Бактериальная продукция и деструкция органического вещества
	Распределение органического и неорганического углерода в водной толще
Гидрофизический мониторинг	Гидрофизический мониторинг
Гидрометеорологические исследования	Гидрометеорологические исследования
Разработка прогностической модели для Балтийского моря	Анализ синоптической, сезонной и межгодовой изменчивости гидролого-гидрохимических параметров на основе высокоразрешающей модели динамики океана (NEMO)
Спутниковый мониторинг	Спутниковый мониторинг
	Береговой мониторинг

Точки наблюдений в открытой части моря и в прилегающих лагунах расположены таким образом, чтобы охватить все разнообразие условий района мониторинга (рисунки 1, 2).

Все результаты наблюдений планируется передавать в центр сбора данных и управления мониторингом, который обеспечит сбор, накопление и архивирование информации, информационный поиск и доступ к архивной информации, будет вести оперативный анализ текущей экологической обстановки. Такая база данных послужит основой для развития специализированной геоинформационной системы. В качестве основных видов информационного сопровождения мониторинга предполагаются ежегодные обзоры его результатов, выпускаемые в электронном и печатном виде.

Работа выполняется в рамках проекта ВИП ГЗ (климатический мониторинг; соглашение № 71-223/ВИПГЗ-23), а также госзадания БФУ имени И. Канта (экологический мониторинг; тема № FZWM-2023-0004).

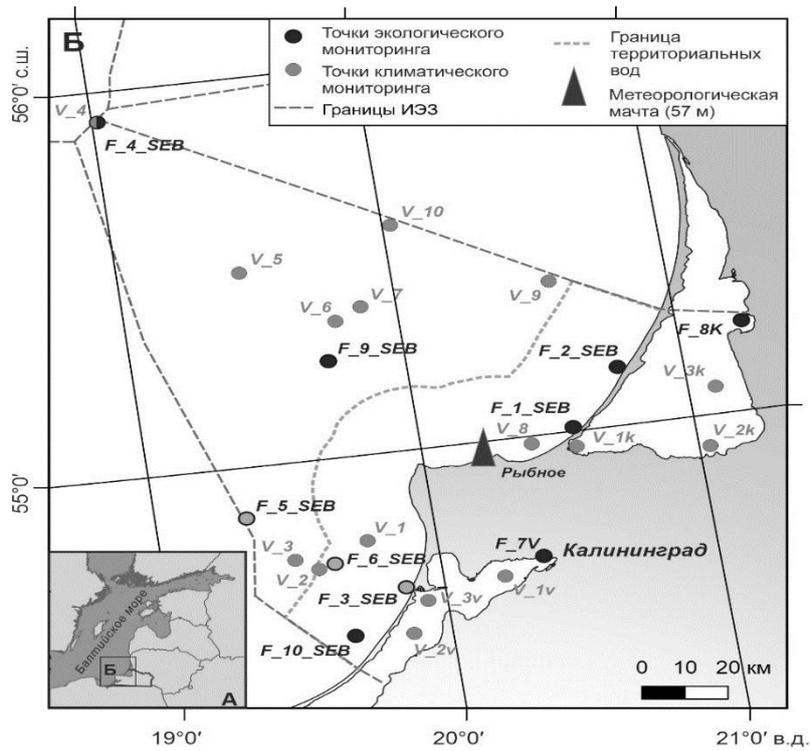


Рисунок 1 – Точки климатического и экологического мониторинга юго-восточной части Балтийского моря и прилегающих заливов

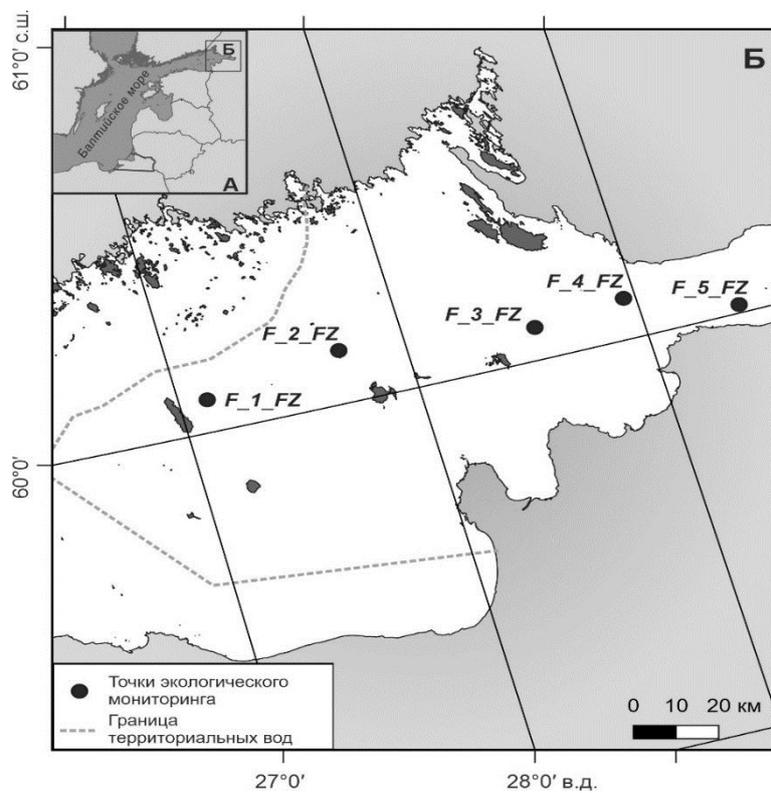


Рисунок 2 – Точки климатического и экологического мониторинга в Финском заливе Балтийского моря