

А.Р. Аляутдинов<sup>1</sup>, Л.А. Ушакова<sup>2</sup>, Т.В. Артамонова<sup>3</sup>, А.Н. Коршенко<sup>4</sup>, М.П. Погожева<sup>5</sup>

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

### АННОТАЦИЯ

*Авторами разрабатывается методика использования геоинформационных технологий для оценки экологической обстановки вод восточной части Финского залива и Невской губы, формирующейся под влиянием сложного комплекса взаимодействующих природных и антропогенных процессов.*

*С применением ГИС-технологий разработана база пространственных данных, на основе использования которой выполнена оценка качества вод восточной части Финского залива. Разработанная база пространственных данных позволит накапливать, систематизировать и анализировать информацию о гидрохимическом состоянии вод восточной части Финского залива и Невской губы. В качестве основных показателей, характеризующих экологическое состояние вод Восточной части Финского залива, были использованы индекс загрязнённости ИЗВ, в основе которого лежат значения предельно допустимой концентрации (ПДК) значительных загрязнителей и индекс эвтрофикации E-TRIX, являющийся интегральным комплексным показателем, связывающим характеристики потенциального уровня первичной продукции фитопланктона и концентрацию необходимых для развития микроводорослей питательных биогенных веществ. Модели пространственного распределения вычисленных значений показателей загрязнённости и эвтрофикации позволяют провести предварительную оценку экологической ситуации на акватории залива и выявить основные районы загрязнения. Эвтрофикация и загрязнение отдельных локальных районов имеют разное пространственное распределение и существенно различаются по загрязняющим элементам. По результатам работы можно утверждать, что наиболее неблагоприятными водами оцениваются воды Невской губы, что определяется антропогенной нагрузкой на акваторию Невской губы при специфическом гидрофизическом режиме. Экологическое состояние вод восточной части Финского залива является более благоприятным, что объясняется низким антропогенным влиянием на центральную часть Финского залива.*

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*загрязняющие вещества, экологическое состояние, эвтрофикация, моделирование геополей, база пространственных данных*

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра картографии и геоинформатики географического факультета; Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail*: alik@geogr.msu.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра картографии и геоинформатики географического факультета; Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail*: la.ushakova@mail.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра картографии и геоинформатики географического факультета; Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail*: artamono-tatyana@yandex.ru

<sup>4</sup> Лаборатория мониторинга загрязнения морской среды, федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИИ»), Россия, 119034, Москва, Кропоткинский пер., 6, *e-mail*: korshenko58@mail.ru

<sup>5</sup> Лаборатория мониторинга загрязнения морской среды, федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИИ»), Россия, 119034, Москва, Кропоткинский пер., 6; *e-mail*: pogojeva\_maria@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Эколого-географическое картографирование морских акваторий является относительно новым направлением в тематической картографии. История изучения Мирового океана, его внутренних и окраинных морей насчитывает более сотни лет, однако большая часть комплексных экологических карт, созданных в настоящее время в России и за рубежом, отражает лишь состояние суши [Божиллина, 1999]. Ещё сравнительно недавно высказывалось мнение о том, что из-за грандиозности объёма Мирового океана нет особых оснований беспокоиться о чистоте его вод, а сама проблема распадается на ряд локальных задач, не выходящих за рамки отдельных прибрежных государств. Сейчас эти представления подвергнуты радикальному пересмотру на основе фактического материала, накопленного исследователями во многих странах мира [Суетова, 2002]. К наиболее серьёзным проблемам морей и океанов относится антропогенное загрязнение, которое влияет на функциональные характеристики биологических сообществ. Это влияние может быть значительным на фоне существенных изменений режима климата и погоды на всей планете.

Финский залив расположен в восточной части Балтийского моря. Его воды омывают территорию трёх государств: Финляндии на севере, России на востоке и Эстонии на юге. На берегу Финского залива в его самой восточной оконечности, в месте впадения в залив реки Невы, стоит Санкт-Петербург. Другие крупные города-порты Финского залива: Кронштадт и Выборг в России, Таллин в Эстонии, Хельсинки, Турку и Котка в Финляндии. К основным проблемам экологии Финского залива относится загрязнение воды в результате сброса промышленных, бытовых, сельскохозяйственных сточных вод; загрязнение прибрежных территорий; возросшая интенсивность судоходства [Весман, 2012].

Трёхстороннее сотрудничество между Россией, Эстонией и Финляндией, направленное на защиту морской среды Финского залива, началось в 1992 году. 2014 год по решению трёх стран – России, Финляндии и Эстонии – был объявлен Годом Финского залива. Однако фактически первый Год Финского залива был организован ещё в 60-х годах прошлого столетия, второй раз такой год прошёл в 1996 г. – во всех трёх странах на министерском уровне.

Восточная часть Финского залива находится под большим антропогенным воздействием, особенно в районах интенсивного загрязнения минеральными и органическими примесями. Такая ситуация сформировалась под влиянием взаимодействия природных особенностей залива и постоянного антропогенного воздействия на его экосистему [Берлянт, 1996; Суетова, Ушакова, 2002], включая строительство Комплекса Защитных Сооружений (КЗС), отделяющего Невскую губу от остальной части залива, что было отмечено в том числе и на общественных слушаниях в Санкт-Петербурге, посвященных влиянию КЗС на экологическую обстановку. Снижение интенсивности водообмена из-за постройки дамбы для защиты от наводнений привело к заболачиванию некоторых мелководных участков Невской губы. В последние годы ни один из питерских пляжей не был признан Роспотребнадзором безопасным для купания. Основная часть загрязняющих веществ, к которым относятся вызывающие эвтрофикацию различные формы биогенных элементов, тяжёлые металлы (свинец, цинк, кадмий, медь и ртуть) и различные органические вещества, поступают в Финский залив как из различных точечных, так и диффузных источников [Шилов 2016, Румянцева 1999]. К таким в первую очередь относятся речной и ливневый сток, городские и промышленные стоки из очистных сооружений, воздушный перенос. Они являются источниками поступления в залив 3В отходов от сельского, лесного и городского хозяйств, животноводства, транспорта, промышленности, энергетики и т. д.

Для комплексного географического анализа экологических ситуаций важно иметь возможность связать различные данные друг с другом, сравнить, проанализировать, просто просмотреть их в удобном и наглядном виде, создав на их основе необходимую карту, таблицу, схему, диаграмму. Для этих целей наиболее подходят современные ГИС-технологии, в самой концепции которых заложены всесторонние возможности сбора, интеграции и анализа лю-

бых распределенных в пространстве или привязанных к конкретному месту данных [Коршенко, Аляутдинов, Ушакова, 2016].

Цель данного исследования – применение геоинформационных технологий для оценки эколого-географического состояния восточной части Финского залива на примере одной съемки 2016 г. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучение и обработка исходного материала для дальнейшей интеграции в базу пространственных данных;
- разработка базы пространственных данных, привязанной к станциям государственного мониторинга
- расчёт индекса эвтрофикации вод (E-TRIX) и индекса загрязнения воды (ИЗВ), создание оценочных карт по значениям данных индексов;
- географический анализ акватории восточной части Финского залива на основе составленных карт и статистических материалов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основных исходных материалов были использованы данные 2016 года, полученные в ходе выполнения работ по государственному мониторингу гидрохимического состояния вод Восточной части Финского залива и вод Невской губы, проведенных ФГБУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р». В данной работе анализировались результаты отбора проб, полученные на 47 станциях в восточной части Финского залива за осенний период 2016 г. Отбор проб воды и химический анализ проводились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92) за исключением биохимического потребления кислорода (БПК 5), проводившегося в соответствии с «Методикой выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПКполн) в поверхностных, пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных водах» (РД 52.24.4202006). Содержание нефтяных углеводородов определялось ИК – фотометрическим методом; фенола – методом хроматографии; СПАВ (синтетических поверхностно-активных веществ) для Невской губы методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим методом; металлов – методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды.

Из полученных данных для анализа было отобрано несколько гидрохимических характеристик:

- группа *биогенных веществ*: концентрация фосфора фосфатов (P-PO<sub>4</sub>), азота нитратов (N-NO<sub>3</sub>), азота нитритов (N-NO<sub>2</sub>), общего азота (N<sub>total</sub>), аммонийного азота (N-NH<sub>4</sub>), а также общего фосфора (P<sub>total</sub>), мкг/дм<sup>3</sup>;
- группа *тяжелых металлов*: концентрация марганца (Mn), меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe), алюминия (Al), кадмия (Cd), ртути (Hg), никеля (Ni), кобальта (Co) и хрома (Cr), мкг/дм<sup>3</sup>;
- группа *общих гидрохимических показателей*: растворенный кислород (O<sub>2</sub>, мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), водородный показатель (рН), биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>, мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Необходимо отметить специфику исходных данных. Так как исходные данные являются результатом государственного мониторинга, проводимого федеральной службой в соответствии со всеми нормативными и руководящими документами, то, с точки зрения качества исходных материалов, исходные данные являются пригодными и должны быть использованы для оценки гидрохимического состояния вод восточной части Финского залива и Невской губы. Для серьёзной комплексной оценки экологического состояния вод этих данных недостаточно. Необходимо провести сбор дополнительной информации. Тем не менее, анализ полученных результатов позволяет провести первичную оценку экологического состояния, так как гидрохимическое состояние вод является одним из индикаторов состояния окружающей среды, включая антропогенное влияние.

На предварительном этапе была разработана пространственная база данных, основным объектом которой являются станции государственного мониторинга, к которым привязана вся информация по отобраным пробам. Характерной особенностью базы данных является её расширяемость – способность без изменения структуры базы добавлять новую информацию и архивные данные. Таким образом, появляется возможность не только пространственной оценки, но и временной.

Полученные исходные постанционные данные и результаты обработки проб воды были представлены в формате XLS, после чего интегрированы в разработанную базу пространственных данных в качестве слоя с точечным типом геометрии. Помимо самой тематической информации в базе пространственных данных (БПД) содержатся базовые векторные данные, составляющие набор пространственных данных географической основы составляемых карт. Это железные дороги, автодороги, гидрографические объекты, населенные пункты и растительность. В качестве дополнительных характеристик в базовый блок векторных данных входят данные о размещении некоторых отдельных объектов, например морских портов.

Акватория восточной части Финского залива находится под большим влиянием антропогенных факторов, влияющих на качество вод и биологические процессы. Одним из самых важных процессов в заливе является эвтрофикация вод, то есть накопление биогенных элементов в минеральной или органической форме под воздействием антропогенных или природных факторов [Moncheva, 2012]. Универсального метода оценки уровня эвтрофикации (трофности) морских вод и применяемых на практике общепринятых методик до настоящего времени не существует. Среди наиболее часто рекомендуемых для научных исследований и использования в программах государственного мониторинга состояния природной среды в морях Европейского Союза, в особенности в рамках ХЕЛКОМ (Комиссия по защите морской среды Балтийского моря), принимается расчетный индекс E-TRIX [HELCOM, www.helcom.fi]. Этот индекс является интегральным комплексным показателем, который связывает характеристики потенциального уровня первичной продукции фитопланктона (содержание фотосинтетических пигментов, в основном хлорофилла «а») и концентрацию необходимых для развития микроводорослей питательных биогенных веществ (соединения азота и фосфора) [Vollenveider, 1998]. В расчётную формулу индекса E-TRIX входят следующие показатели:

1. концентрация хлорофилла «а» – как аналог биомассы фитопланктона;
2. отклонение насыщенности кислорода от 100 % – как индикатор соотношения сложного совокупного механизма физико-химико-биологических процессов, отражающих в частности соотношение интенсивности первичной продукции органического вещества и его биохимического окисления;
3. концентрация общего фосфора и минерального азота – как показатель наличия в морской воде необходимого для развития фитопланктона количества питательных веществ [Украинский, 2010].

Расчетная формула E-TRIX выглядит следующим образом:

$$E-TRIX = [\log (Ch \cdot D\%O_2 \cdot N_M \cdot P_O) + 1,5] / 1,2,$$

где Ch – концентрация хлорофилла «а», мкг/дм<sup>3</sup>;

D%O<sub>2</sub> – отклонение в абсолютных значениях растворённого кислорода от 100 % насыщения;

N<sub>M</sub> – концентрация растворённых форм минерального азота, мкг/дм<sup>3</sup>;

P<sub>O</sub> – концентрация общего фосфора, мкг/дм<sup>3</sup>.

Индекс E-TRIX изменяется в соответствии с уровнем эвтрофикации (трофности) вод в пределах от 0 до 10, а оценка категории трофности и состояния качества вод осуществляется по величине индекса (таблица 1).

**Таблица 1.** Характеристики вод по значениям индекса E-TRIX (Vollenveider, 1998)  
**Table 1.** E-TRIX water index (Vollenveider, 1998)

Значение E-TRIX	Уровень трофности	Качество вод	Характеристика качества вод
< 4	Низкий	Высокое	Высокая прозрачность вод, отсутствие аномалий цвета воды
4–5	Средний	Хорошее	Эпизодические случаи уменьшения прозрачности вод
5–6	Высокий	Посредственное	Низкая прозрачность вод, аномалии цвета воды, гипоксия придонных вод
> 6	Очень высокий	Плохое	Высокая мутность вод, обширные аномалии цвета воды

Для каждой станции государственного мониторинга на акватории восточной части Финского залива был рассчитан индекс трофности вод E-TRIX.

В качестве другого основного метода для описания качества вод были использованы расчётные значения индекса загрязнённости вод (ИЗВ), позволяющие отнести воды исследуемого района к определённому классу чистоты (таблица 2).

**Таблица 2.** Класс качества морских вод по значению индекса загрязнённости вод ИЗВ  
 (Методические рекомендации, 1988)

**Table 2.** Water quality class by the Index of Water Pollution  
 (Methodological recommendations, 1988)

Класс качества вод	Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые (I)	ИЗВ < 0,25
Чистые (II)	0,25 < ИЗВ < 0,75
Умеренно загрязнённые (III)	0,75 < ИЗВ < 1,25
Загрязнённые (IV)	1,25 < ИЗВ < 1,75
Грязные (V)	1,75 < ИЗВ < 3,00
Очень грязные (VI)	3,00 < ИЗВ < 5,00
Чрезвычайно грязные (VII)	ИЗВ > 5,00

Правила расчёта индекса загрязнённости вод определены «Методическими Рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» [МР, 1988]. Для морских вод ИЗВ рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \div 4,$$

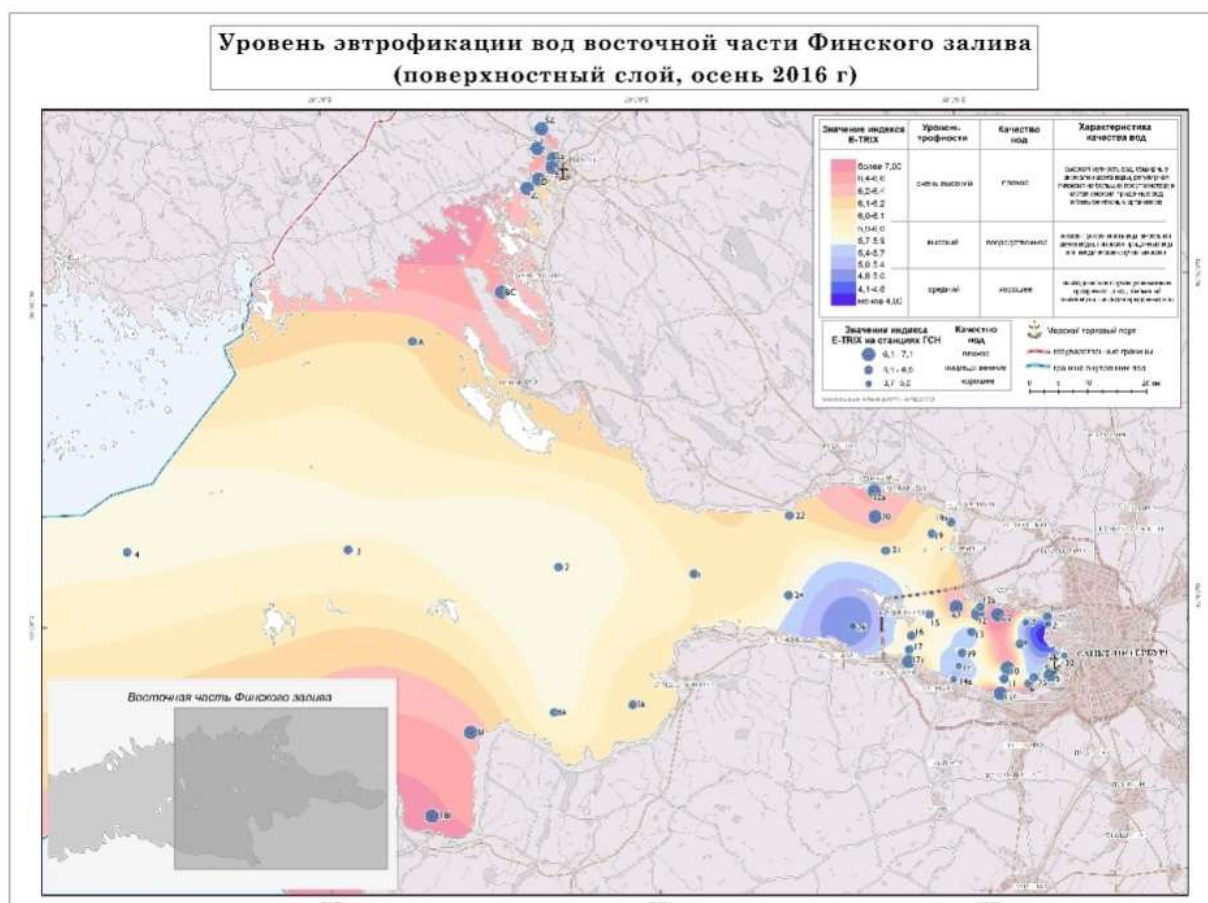
где  $C_i$  – концентрация трёх наиболее значительных загрязнителей, среднее содержание которых в воде акватории в наибольшей степени превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК),  $i$  – количество используемых элементов. Четвёртым обязательным параметром является количество растворённого в воде кислорода. Следует отметить, что значительно более подробный индекс УКИЗВ (РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям»), разработанный значительно позднее для пресных водоёмов, не может быть использован даже для распреснённых вод Невской губы. Расчет УКИЗВ опирается на обязательный перечень контролируемых параметров, включающий 15 загрязняющих веществ. Предполага-

ется, что расчёт комплексных оценочных показателей по единому списку обеспечит корректность проведения сравнения качества поверхностных вод в территориальном аспекте при оценке состояния загрязнённости воды за любой временной промежуток. Однако программа мониторинга морей включает существенно меньшее количество контролируемых параметров водной среды, к тому же список параметров не совпадает со списком УКИЗВ из-за специфики морских вод.

В 2016 году основными загрязняющими элементами, во много раз превышающими ПДК в восточной части Финского залива, являлась группа металлов: медь, цинк и железо. Превышение определялось делением реальной концентрации элемента в пробе воды на его ПДК. Эти три элемента, а также содержание растворённого в воде кислорода, учитывались при расчёте ИЗВ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

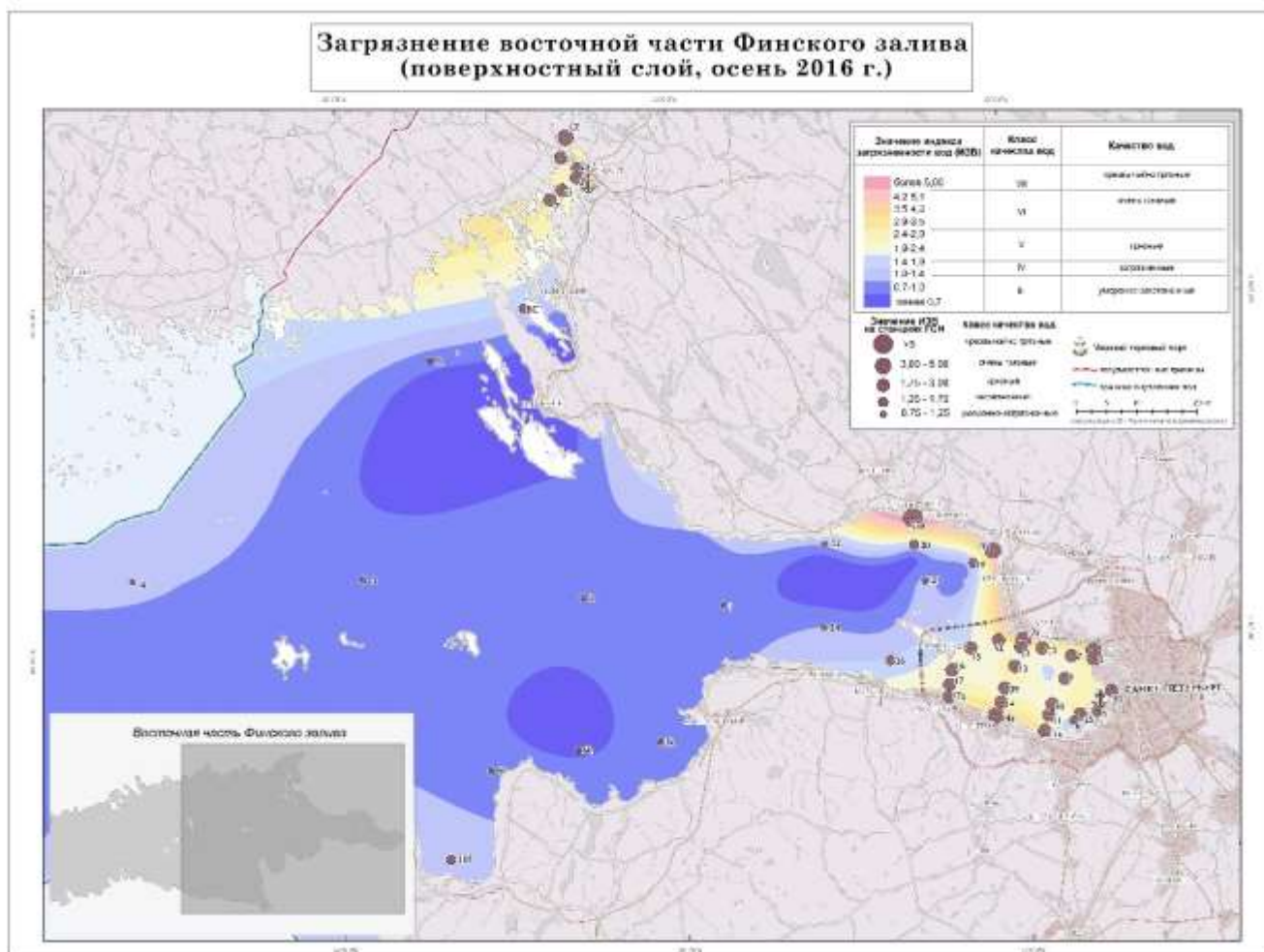
В результате проведенного исследования была сформирована технологическая схема интеграции данных, полученных в ходе выполнения работ по государственному мониторингу гидрохимического состояния вод Восточной части Финского залива и вод Невской губы, в базу пространственных данных. Разработанная база пространственных данных позволит накапливать информацию о состоянии вод, проводить пространственный и временной анализ, выявлять критические районы загрязнения.



**Рисунок 1.** Уровень эвтрофикации вод восточной части Финского залива осенью 2016 г. по значению расчётного индекса E-TRIX

**Figure 1.** The level of the waters eutrophication of the eastern part of the Gulf of Finland in autumn 2016 by the value of the estimated E-TRIX index





**Рисунок 2.** Качество вод восточной части Финского залива осенью 2016 г. по значению расчётного индекса ИЗВ  
**Figure 2.** The quality of the waters of the eastern part of the Gulf of Finland in autumn 2016 by the value of the estimated Index of Water Pollution

На основе базы данных были созданы оценочные карты по значениям трофности (по индексу E-TRIX) и качеству вод (по значениям ИЗВ) в восточной части Финского залива, которые позволяют в будущем произвести районирование акватории.

Для создания геополей распределения различных показателей на акватории Невской губы использовался модуль Spatial Analyst программного обеспечения ArcGIS v. 10.1 компании ESRI. При построении геополей применялся метод IDW (Inverse Distance Weighted). Параметры построения геополей определялись с учётом специфики картографируемого показателя и пространственного охвата исследуемой территории. Пример построенной интерполированной поверхности представлен на рисунке 1.

Помимо геостатистических полей, позволяющих определить районы максимального и минимального значений индексов и проанализировать изменение показателя в пространстве, при создании карт использовались картографические знаки, характеризующие индекс E-TRIX на каждой станции (размер значка зависит от величины индекса).

Эколого-географическое картографирование вод восточной части Финского залива по результатам мониторинга состояния морской среды осенью 2016 г. позволило выявить локальные участки повышенной концентрации биогенных и загрязняющих веществ с помощью расчёта индексов E-TRIX и ИЗВ. Сопоставление составленных карт и статистических мате-

риалов показывает увеличение уровня эвтрофикации вод и содержания загрязняющих веществ ближе к береговой зоне, преимущественно северной. Одним из самых основных «пунктов притяжения» загрязняющих веществ оказалась станция мониторинга С2, в районе которой расположен сброс одной из трёх крупнейших канализационных очистных сооружений города – Северной станции аэрации. На карте уровня эвтрофикации вод отчетливо заметно, что в данном месте наблюдался уровень трофности «очень высокий», а качество вод – «плохое». По карте загрязнения район Северной станции аэрации характеризуется классом качества вод «очень грязные», при этом высокий уровень загрязнения определяется преимущественно тяжелыми металлами. Высокая трофность наблюдается также в районе Выборгского залива (точки SZ, 1, 2, D, Z), что может быть связано с длительным застаиванием воды на этих участках из-за ослабленного течения вод. Там же наблюдались наибольшие значения концентрации тяжёлых металлов по карте загрязнения вод. Курортный район Санкт-Петербурга (точки № 20а, 20, 19а, 19) также характеризуется повышенной трофностью (уровень трофности «очень высокий»), а класс качества вод – «чрезвычайно грязные». В точках № 1, 2, 7, 9, 5, 6, 25, 30 в центральной части Невской губы уровень трофности вод характеризуется как «чистый». Здесь смешиваются воды реки Невы и Финского залива. Вероятно, вследствие отсутствия застоя вод признаки эвтрофикации в этой части акватории губы не наблюдались. Оценка загрязнения вод позволяет воды практически всей Невской губы, за исключением её западной части, по значениям ИЗВ отнести к классам качества вод «загрязнённые», «грязные», «очень грязные» и «чрезвычайно грязные». Именно эта часть Финского залива характеризуется наибольшим загрязнением различными металлами, в первую очередь медью, железом и цинком, содержание которых превышает ПДК в 4 и более раза. В числе прочих факторов, определяющих повышенное загрязнение тяжёлыми металлами вод Невской губы осенью 2016 г., могли играть существенную роль сбросы чугунолитейного завода, расположенного вблизи морского торгового порта (МТП-СПб), огромные по объёму сточных вод выбросы которого поступают в поверхностный слой акватории залива. По расчётам ИЗВ, воды района Морского торгового порта (станция № 5) в рассматриваемый период относились к классу вод «грязные». Ещё одной причиной загрязнения вод металлами может быть постоянный проход морских судов, в результате которого образуются шлейфы различных загрязнений. Разнообразные по назначению строительные мероприятия на акватории губы также могли нанести весомый вклад в ухудшение качества вод исследуемого района. В ходе строительных или дноуглубительных работ образуется облако тонкодисперсных взвешенных веществ, которые традиционно адсорбируют на своей поверхности большое количество тяжёлых металлов, выход которых в толщу вод вызывает их вторичное загрязнение. Воды восточной части Финского залива за комплексом защитных сооружений (КЗС) характеризовались осенью 2016 г. как «умеренно загрязнённые» и «чистые».

## ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы создана база пространственных данных с набором векторных и растровых тематических слоев, включающая данные государственного мониторинга гидрохимического состояния вод восточной части Финского залива и Невской губы на 2016 год. Характерной особенностью базы данных является её расширяемость – возможность добавлять информацию, включающую гидрохимические показатели разных лет. Использование методов пространственного анализа на основе базы данных позволяет получать картографическое представление пространственного временного распределения загрязнения в водах восточной части Финского залива и Невской губы. В перспективе необходимо расширить тематическое содержание базы данных, включив слои с объектами загрязнения, климатическими и океанографическими показателями.

С использованием базы пространственных данных был рассчитан индекс трофности вод E-TRIX восточной части Финского залива и индекс загрязнённости вод ИЗВ, на основе которых созданы эколого-географические карты на осенний период 2016 года. По созданным



картам были выявлены основные участки эвтрофикации и загрязнения тяжёлыми металлами на акватории Невской губы и восточной части Финского залива.

Результаты позволяют подтвердить неблагоприятное экологическое состояние вод Невской губы осенью 2016 г. Пространственное положение наиболее неблагоприятных участков позволяет предположить существенное влияние сброса вод с очистных сооружений, а также производственной деятельности в районе морского торгового порта Санкт-Петербурга на ухудшение качества вод. В то же время качество вод восточной части Финского залива за пределами комплекса защитных сооружений, по оценкам уровня эвтрофикации и комплексного индекса загрязнённости, было существенно выше.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А.М., Баурчулу А.Г., Косиков А.Г., Сутова И.А. Составление эколого-географической карты арктических морей // Геодезия и картография. – 1996, № 12, – С. 40–45.
2. Божиллина Е.А., Сваткова Т.Г., Чистов С.В. Эколого-географическое картографирование: учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 84 с.
3. Весман А.В. Современные проблемы Балтийского моря // Современные научные исследования и инновации. – 2012, № 3.
4. Коршенко А.Н., Аляутдинов А.Р., Ушакова Л.А. Моделирование и пространственный анализ гидрохимического состояния вод Невской губы // Материалы международной конференции ИнтерКарто-ИнтерГИС – 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата Протвино. 2016. – Т. 1. – Протвино, 2016. – С. 120–127.
5. Румянцев В.А., Дробкова В.Г. Финский залив в условиях антропогенного воздействия. – СПб., 1999. – 367 с.
6. Сутова И.А., Ушакова Л.А. Эколого-географическое картографирование Мирового океана: учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002.
7. Украинский В.В. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Чёрного моря. – Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – № 7. – С. 211–219.
8. Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988. – 9 с.
9. Шилов И.О. Методика оценки экологического состояния Невской губы Финского залива // Наука, техника и образование. – 2016. – № 10 (28).
10. Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring // The Black Sea ecological problems SCSEO. – Odessa, 2012. – Pp. 178–185.
11. Vollenweider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index // *Enviromentrics*. – 1998. – № 9. – P. 329–357.

### Электронные ссылки

1. Руководящий документ. Руководство по химическому анализу морских вод, РД52.10.243-92;  
[http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.10.243\\_92\\_2011.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.10.243_92_2011.pdf).
2. Руководящий документ «Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом», РД 52.24.420-2006;  
[http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.420\\_2006.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.420_2006.pdf).

3. Руководящий документ Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям РД 52.24.643-2002; [http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.643\\_2002.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.643_2002.pdf).

**Ali R. Alyautdinov<sup>1</sup>, Ludmila A. Ushakova<sup>2</sup>, Tatiana V. Artamonova<sup>3</sup>,  
Alexander N. Korshenko<sup>4</sup>, Maria P. Pogozeva<sup>5</sup>**

## **USING INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ESTIMATING THE WATER QUALITY IN THE EASTERN PART OF THE FINNISH GULF**

### **ABSTRACT**

*The authors have developed a methodology of implementing of geoinformation technologies to assess the ecological situation in the waters of the eastern part of the Finnish Gulf and the Neva Bay, which is being formed under the influence of a complex system of interacting natural and anthropogenic processes.*

*Spatial data base has been developed by using GIS technologies. Developed database is the backbone for the assessment of the water quality in the eastern part of the Finnish Gulf. The developed database of spatial information will be the main tool for accumulating, systematizing and analyzing the information about hydrochemical state of the waters of the eastern part of the Finnish Gulf and the Neva Bay. As the main indicators characterizing the ecological state of the waters of the eastern part of the Finnish Gulf, the Water Pollution Index (WPI) and E-TRIX eutrophication index have been used. The Water Pollution Index (WPI) is based on the values of the Maximum Permissible Concentration (MPC) of significant pollutants. The E-TRIX eutrophication index is an integrated complex indicator linking the characteristics of the potential level of the primary production of phytoplankton and concentration of nutrients necessary for the development of microalgae. Models of spatial distribution of the calculated values of pollution and eutrophication indicators allow for a preliminary assessment of the ecological situation in the Gulf waters and identify the main areas of pollution. Eutrophication and pollution of individual local areas have a different spatial distribution and differ significantly in pollutant elements. By the results of the work, it can be stated that the most unfavorable waters are the waters of the Neva Bay, which is determined by the anthropogenic load on the water area of the Neva Bay under a specific hydrophysical regime. The ecological state of the waters of the eastern part of the Gulf of Finland is more favorable, which can be explained by the low anthropogenic impact on the central part of the Gulf of Finland.*

### **KEYWORDS:**

*pollutants, ecological status, eutrophication, modeling of geofields, spatial data base*

---

<sup>1</sup> Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1;  
*e-mail: alik@geogr.msu.ru*

<sup>2</sup> Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 119991, Russia, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory 1;  
*e-mail: la.ushakova@mail.ru*

<sup>3</sup> Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 119991, Russia, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory 1;  
*e-mail: artamono-tatyana@yandex.ru*

<sup>4</sup> Marine Pollution Monitoring Lab., Federal State Budgetary Institution "N.N. Zubov State Oceanographic Institute" (FSBI "SOI"), 119034, Russia, Moscow, Kropotkinsky lane 6; *e-mail: korshenko58@mail.ru*

<sup>5</sup> Marine Pollution Monitoring Lab. Federal State Budgetary Institute "N.N. Zubov State Oceanographic Institute" (FSBI "SOI"); 119034, Russia, Moscow, Kropotkinsky lane 6; *e-mail: pogojeva\_maria@mail.ru*

## REFERENCES

1. Berlyant A.M., Baurchulu A.G., Kosikov A.G., Suetova I.A. Sostavlenie ekologo-geograficheskoy karty arkticheskikh morey [Ecological and geographical map of the Arctic seas], *Geodeziya i kartografiya*. 1996, No 12, pp. 40–45 (in Russian).
2. Bozhilina E., Svakova T., Chistov S. Ekologo-geograficheskoe kartografirovanie [Ecological geographic mapping], Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 1999, 84 p. (in Russian).
3. Vesman A.V. Sovremennyye problemy Baltiyskogo morya [Modern problems of the Baltic Sea], *Sovremennyye nauchnye issledovaniya i innovacii*, 2012, No 3 (in Russian).
4. Korshenko A.N., Alyautdinov A.R., Ushakova L.A. Modelirovanie i prostranstvennyy analiz gidrokhimicheskogo sostoyaniya vod Nevskoy guby [Modeling and analysis of spatial hydrochemical state of Neva Bay waters], *Materialy mezhdunarodnoy konferencii InterKarto-InterGIS 22. Geoinformacionnoe obespechenie ustoychivogo razvitiya territoriy v usloviyakh globalnykh izmeneniy klimata*, Protvino, 2016, T. 1., Protvino, 2016, pp. 120–127 (in Russian).
5. Rumyantsev V., Drabkova V. Finskij zaliv v usloviyah antropogennogo vozdeistviya [Finnish Gulf in conditions of anthropogenic impact], St. Petersburg, 1999, 367 c. (in Russian).
6. Suetova I.A., Ushakova L.A. Ekologo-geograficheskoe kartografirovanie Mirovogo okeana [Ecological-geographical mapping of the World Ocean], *uchebnoe posobie*, Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 2002 (in Russian).
7. Ukrainskiy V.V. Mezhhodovyye izmeneniya i tendencii v evtrofikacii vod Odesskogo regiona severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Interannual changes and trends in eutrophication of waters of Odessa Region of the northwestern part of the Black Sea], *Ukrainskiy gidrometeorologichnyy zhurnal*, 2010, No 7, pp. 211–219 (in Russian).
8. Metodicheskie Rekomendacii po formalizovannoy kompleksnoy ocenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam [Methodical Recommendations for a formalized integrated assessment of the quality of surface and marine waters by hydrochemical indicators.], Moscow: Goskomitet SSSR po gidrometeorologii, 1988, 9 p. (in Russian).
9. Shilov I. Metodika ocenki ekolozhicheskogo sostoyaniya Nevskoy Guby Finskogo zaliva. [Methodology for assessing the ecological state of the Neva Bay of the Finnish Gulf], *Nauka, tekhnika i obrazovaniye*, No 10 (28), 2016 (in Russian).
10. Moncheva S. Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring, *The Black Sea ecological problems SCSEO*, Odessa, 2012, pp. 178–185.
11. Vollenveider R. A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale turbidity and generalized water quality index, *Enviromentrics*, 1998, No 9, pp. 329–357.

### Internet resources

1. Rukovodyashchij dokument. Rukovodstvo po himicheskomu analizu morskikh vod, RD52.10.243-92 [Guidelines for the chemical analysis of marine waters RD 52.10.243-92]; [http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.10.243\\_92\\_2011.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.10.243_92_2011.pdf).
2. Rukovodyashchij dokument «Biohimicheskoe potreblenie kisloroda v vodah. Metodika vypolneniya izmereniy sklyanochnym metodom», RD 52.24.420-2006 [Guidelines for “Biochemical oxygen consumption in waters”. RD 52.24.420-2006]; [http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.420\\_2006.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.420_2006.pdf).
3. Rukovodyashchij dokument Metodicheskie ukazaniya. Metod kompleksnoy ocenki stepeni zagryaznyonosti poverkhnostnykh vod po gidrohimicheskim pokazatelyam RD 52.24.643-2002 [Guidance document. The method of integrated assessment of the degree of contamination of surface waters by hydrochemical indicators], RD 52.24.643-2002; [http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.643\\_2002.pdf](http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/rd/52.24.643_2002.pdf).