



УДК 504.4.054, 504.064.3

Н. И. Куракина, О. Э. Арнатская
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

В. М. Зайцев, А. А. Зорохов
ФБУ «Балтийская дирекция по техническому обеспечению надзора на море»

Комплексная оценка геоэкологической ситуации в районах подводных отвалов грунта акватории Финского залива

Рассматриваются вопросы создания информационной основы системы оценки экологической ситуации в акватории Финского залива. Разработанный подход объединения данных, моделей и результатов анализа в технологии ГИС позволяет наглядно представить сложившуюся ситуацию на карте, проанализировать тенденции ее развития, выявить критические нагрузки в зонах отвала грунта.

Экологическая оценка, геоинформационные технологии, водная акватория, отвалы грунта

Основными проблемами экологии Финского залива (ФЗ) являются загрязнение воды в результате сброса промышленных, бытовых, сельскохозяйственных сточных вод, загрязнение прибрежных территорий и возросшая интенсивность судоходства. Достаточно новой и малоизученной проблемой можно назвать дноуглубительные работы.

При дноуглубительных работах в воду поступает большое количество взвеси, оказывающей губительное влияние на состояние гидробионтов (рыбы, планктон). Мелкая глинистая взвесь, оседая на икре и личинках, убивает их. Кроме того, происходит заиливание дна, а рыбы и птицы покидают внезапно ставшие голодными места. Взвесь хорошо впитывает нефтепродукты и тяжелые металлы, что сказывается на увеличении их содержания в складках дна Финского залива. За последние годы этих загрязнений накопилось достаточно много, особенно в подводных карьерах времен намывов 1970–80-х гг., ставших «мертвыми зонами».

В настоящее время в восточной части Финского залива выполняются значительные объемы дноуглубительных работ, связанных со строительством аванпорта «Бронка» и расширением порта «Усть-Луга». В рамках каждой подводной

стройки ведется мониторинг состояния воды [1]. Однако проблема состоит в том, что контроль осуществляется в месте производства работ, а настоящее загрязнение происходит на несколько километров дальше – сильное течение Невы просто отбрасывает всю взвесь в море [2].

В связи с этим особую актуальность приобретает задача создания информационной системы комплексной оценки состояния всей акватории и систематизация данных экологического мониторинга, полученных из различных источников. Решению этой задачи и посвящена предлагаемая статья.

Данные наблюдений за качеством воды в акватории Финского залива получены экспедициями судового природоохранного комплекса (СПК) «АКВАТОРИЯ» теплохода «Экопатруль-1». СПК «АКВАТОРИЯ» входит в состав передвижной гидрохимической лаборатории Испытательного центра ФБУ «Балттехмордирекция» и представляет собой сложную информационно-измерительную систему, обеспечивающую измерение большого числа химико-физических параметров окружающей среды.

Основные гидрохимические показатели:

- водородный показатель (рН);
- общая щелочность;
- растворенный кислород;
- величина БПК5;
- содержание взвешенных веществ;
- величина ХПК;
- биогенные элементы (аммоний, фосфаты, нитриты, нитраты, общий фосфор, общий азот и др.);

- содержание сероводорода;
- валовое содержание тяжелых металлов (ТМ): меди, кадмия, хрома, свинца, цинка.

Данные натурных наблюдений оформлены протоколами измерений в формате Word и представляют собой таблицы разного вида. Далее по ним выполнялась систематизация данных и создание информационной основы системы оцени-

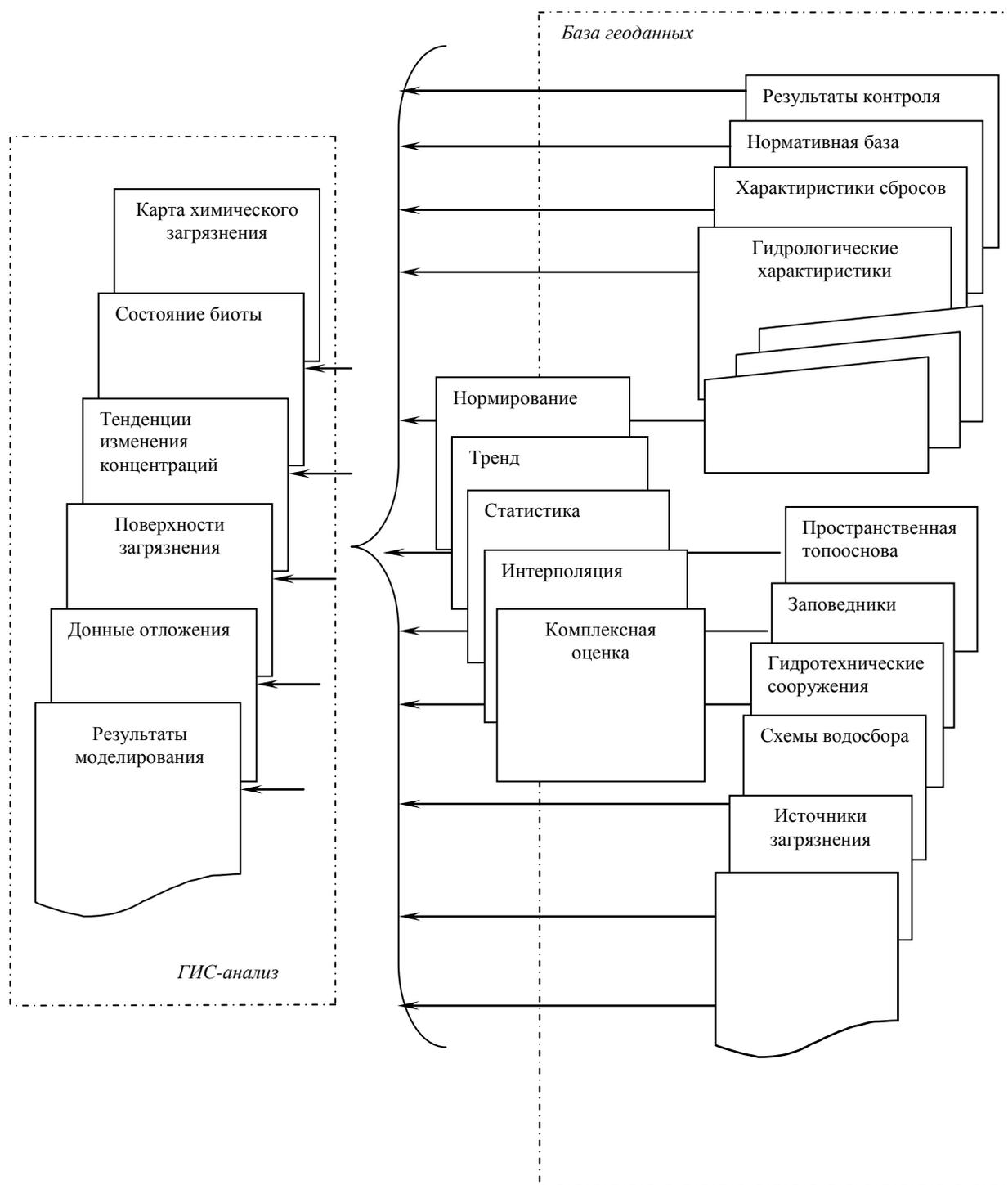


Рис. 1

вания в составе обобщенной геоинформационной модели акватории для решения задач анализа и отображения результатов контроля в среде ГИС ArcGIS ArcInfo целью получения наглядной картины экологической ситуации.

Обобщенная геоинформационная модель акватории [3] базируется на единой топографической основе, базах данных, являющихся хранителями всей информации об анализируемых объектах общей организации и структуры, и наборе программных модулей для получения оценок по ранее разработанным алгоритмам (рис. 1).

Для создания информационной основы системы оценки разработана технология систематизации данных в таблицах Microsoft Excel с последующей конвертацией в базу геоданных ArcGIS. Каждый результат сопровождается кодом поста наблюдения и датой измерения. По данным о местах отбора проб создан пространственный слой постов наблюдения.

Нормативная база представляет собой справочник основных загрязнителей со значениями ПДК для двух категорий водопользования – рыбохозяйственной и хозяйственно-питьевой, а также значения по классам опасности веществ и лимитов признаков вредности.

Связь результатов контроля с географическими данными (постами наблюдения) позволяет выполнять пространственный анализ. Временная составляющая в результатах контроля дает возможность реализовать запросы по определению динамики и получению усредненных (среднесезонных, среднегодовых) характеристик воды [4]–[6]. Нормативная база служит для получения нормированных оценок анализа качества воды. Таким образом, в среде ГИС реализована система запросов оценок по заданному перечню параметров в соответствии с функционалом нормирования величин в зависимости от их нормативной функции [7]:

$$O_i^* = \text{Fun}\{C_i^*, \text{Date}, \text{Stream}, \text{PDK}_i\}, i \in N,$$

где C_i – значение концентрации, Date – дата измерения, Stream – участок акватории ФЗ, PDK_i – значение ПДК, N – количество измеряемых параметров.

В результате анализа формируются слои оценок в составе геоинформационной модели.

Для автоматизации процесса получения оценок была разработана модель обработки данных и построения диаграмм в ModelBuilder.

ModelBuilder – это приложение, используемое для создания, редактирования и управления рабочими процессами, которые соединены в последовательность инструментов геообработки. ModelBuilder можно рассматривать как визуальный язык программирования для построения рабочих потоков.

В результате применения модели в соответствии с запросом строятся диаграммы, позволяющие проанализировать тенденции концентраций ингредиентов и показателей качества воды в пространстве и времени, рассчитать среднегодовые и среднесезонные оценки и нормированные характеристики.

Оценка экологического состояния акватории ФЗ. Для визуализации оценки состояния поверхностных и придонных вод восточной части акватории Финского залива был сформирован ряд ГИС-проектов и построены тематические карты по разработанной ранее системе запросов.

Как видно из диаграмм (рис. 2), по всем постам наблюдений в акватории порта Усть-Луга превышено содержание меди. В пункте А3 содержание меди находится на верхней границе нормы. В постах А2, L2 и S2 превышена концентрация меди как в водах поверхностного, так и придонного горизонтов. Максимальное (в 2 раза) превышение концентрации меди зафиксировано в пункте L2 в водах поверхностного горизонта. Содержание в воде цинка и марганца фиксируется в норме.

По всем постам наблюдения (рис. 2) на много превышена мутность воды, а в некоторых точках наблюдается превышение концентрации взвешенных частиц. Максимальное превышение мутности воды наблюдается в точке S1 в придонных водах (в 23.8 раза). Все посты фиксируют превышение взвешенных веществ только в придонных водах, а в поверхностных их содержание соответствует норме.

Мутность вызывают взвешенные и коллоидные частицы, рассеивающие свет. Это могут быть как органические, так и неорганические вещества или те и другие одновременно. Причиной повышенной мутности обычно являются глинистые или известковые взвеси, а также образующиеся при контакте с воздухом нерастворимые окислы железа и других металлов.

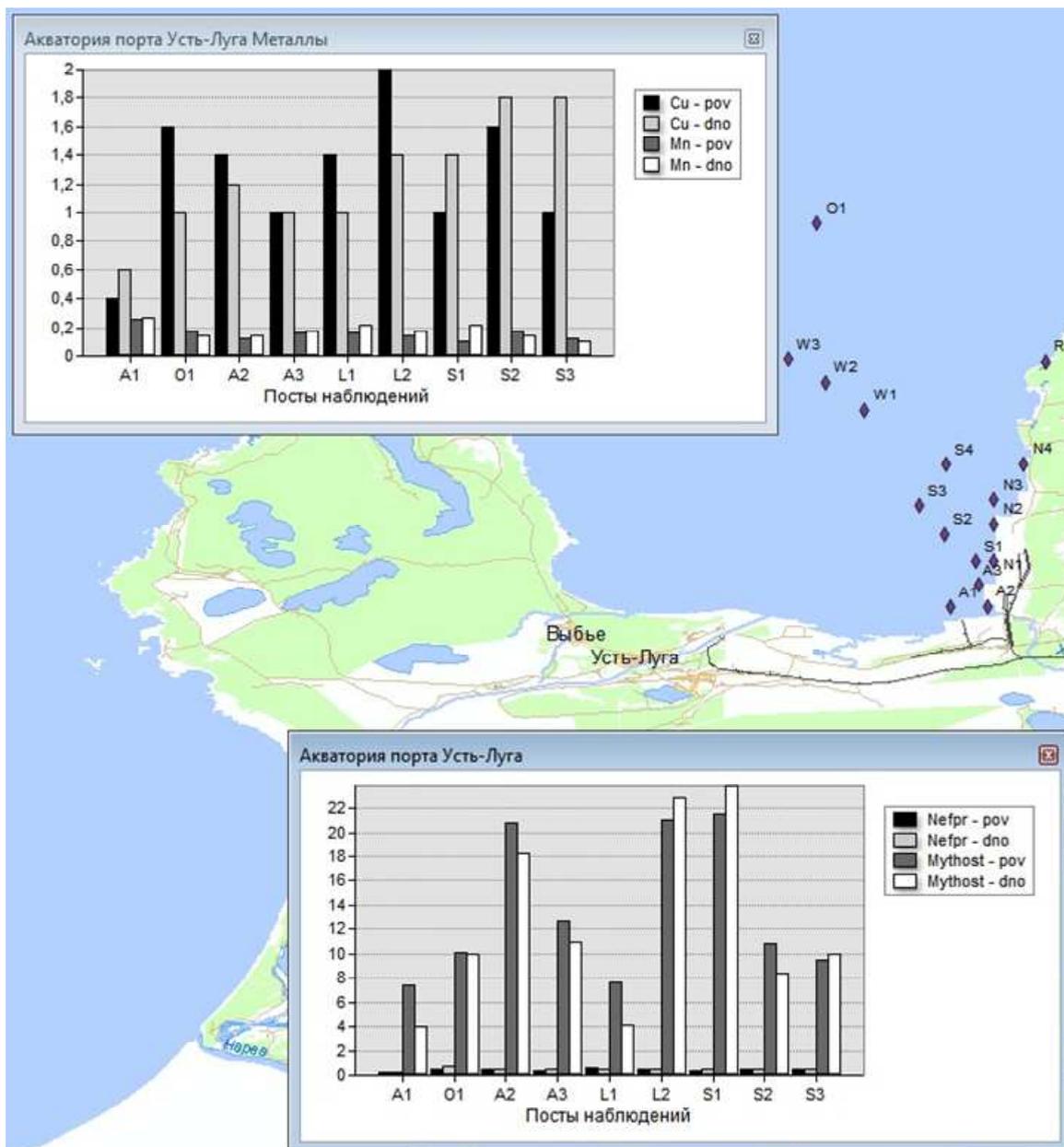


Рис. 2

Подобная картина наблюдается и в районе отвалов грунта в Лужской губе и вблизи маяка Толбухин. Сероводород там фиксируется на верхней границе нормы, что исключает содержание в воде кислорода, а значит и возможность существования организмов, нуждающихся в кислороде для дыхания. Результат – их вымирание.

Временной анализ изменения концентраций загрязняющих веществ показан на примере качества воды в Невской губе (рис. 3).

Как видно, превышение концентрации меди наблюдается в августе 2013 г., а содержание марганца – в пределах нормы. В пределах нормы фиксируется и содержание взвешенных частиц и

нефтепродуктов. Общая картина по перечню показателей свидетельствует о достаточно благополучной экологической обстановке в акватории Невской губы. Повышенное же содержание фосфатов, нитритов и сероводорода может быть следствием сброса сточных вод промышленных предприятий и отходов сельскохозяйственной деятельности.

В целом выполненный анализ позволяет сделать выводы о негативном влиянии дноуглубительных работ, а также складирования грунта в подводные отвалы, практикуемые в акватории Финского залива. При этом одним из путей минимизации таких последствий является организация системы постоянного контроля за перемеще-

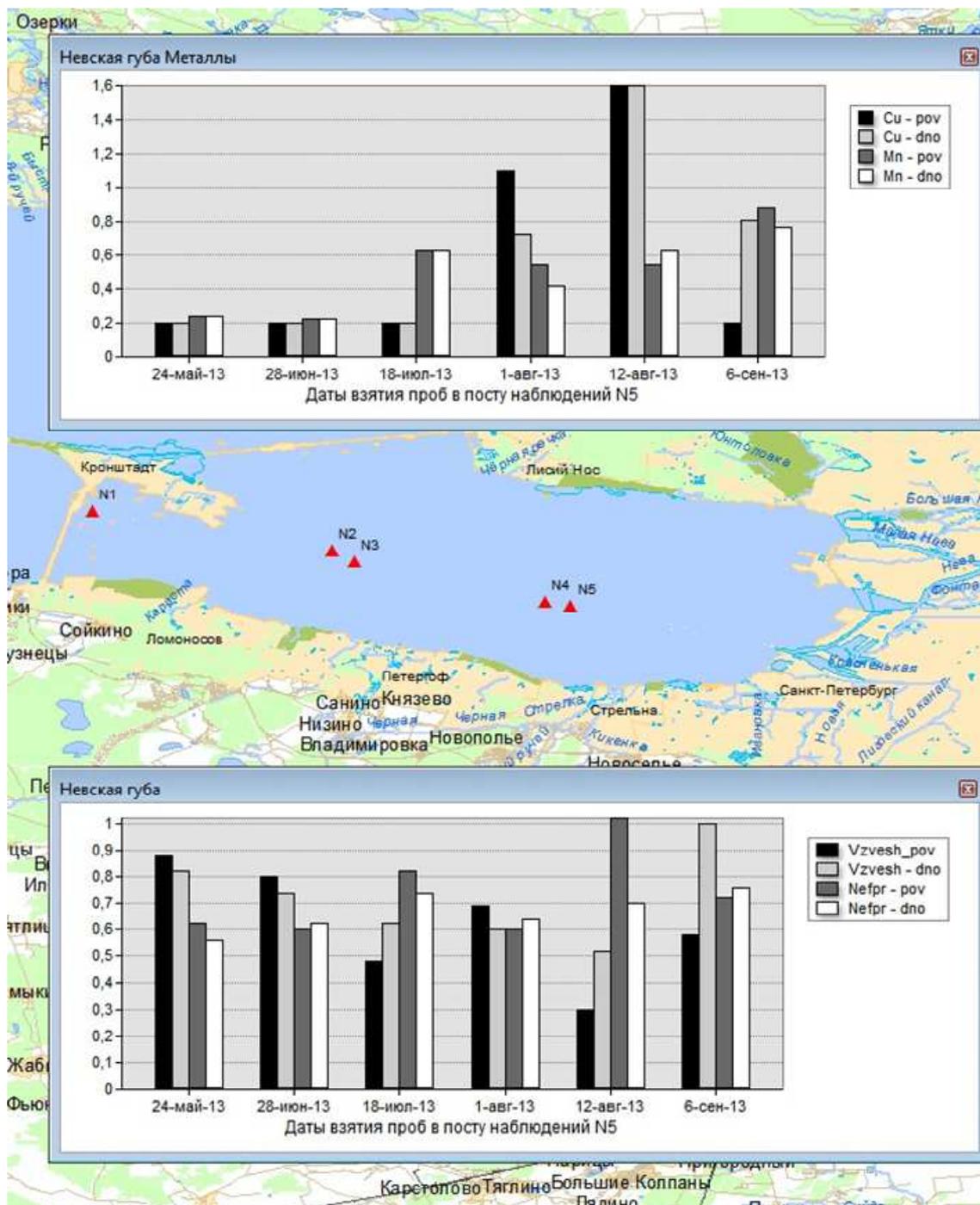


Рис. 3

нием донных грунтов и состоянием природной среды [7], создание карт интегральной экологической чувствительности гидросистем, объединяющих данные о гидрологических и геологических условиях, гидрохимические характеристики загрязненности воды и грунта, состояние биоты и прибрежной растительности.

Реализованная на базе ГИС ArcGIS ArcInfo система оценки качества воды может быть применена и для других водных систем. Созданная обобщенная геоинформационная модель акватории позволяет систематизировать данные наблюдений за качеством воды, автоматизировать процесс анализа и наглядно отобразить экологическую ситуацию на карте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка экологической безопасности порто-строительства в Финском заливе по состоянию прибрежных биологических сообществ / Д. А. Голубев,

С. В. Лукьянов, М. Б. Шилин, О. В. Волнина // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. С. 25-31.

2. Алексеев В. В., Куракина Н. И. ГИС оперативного анализа и пространственного моделирования загрязнения акватории Финского залива // День Балтийского моря: сб. материалов XIV Междунар. эколог. фор. СПб., 20–22 марта 2013. СПб., 2013. С. 136–138.

3. Габидинова А. Р., Куракина Н. И. Информационная среда мониторинга и пространственного моделирования загрязнения водных акваторий на базе ГИС-технологий // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 5. С. 92–98.

4. Куракина Н. И., Молнар М. О повышении качества питьевого водоснабжения в Северо-Западном регионе России // Метеорология и гидрология. 2014. № 8. С. 44–54.

5. Куракина Н. И., Микушина В. Н. Моделирование экологического состояния водного объекта на базе ГИС // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2007. № 1. С. 45–48.

6. Kurakina N. I. River Pollutants Monitored with GIS. Analyzing the Environmental Impact of Water Bodies in Russia // GIS and Science: GIS Best Practices series. Redlands. Esri. Nov. 2008. P. 39–42.

7. Куракина Н. И., Микушина В. Н. Методика ведения мониторинга водных объектов на базе геоинформационных технологий // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 9. С. 85–88.

8. Сборник рекомендаций Хельсинской комиссии: справ.-метод. пособие. СПб.: Диалог, 2008.

N. I. Kurakina, O. E. Arnatskaya
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

V. M. Zaitsev, A. A. Zorohov
Federal State Budgetary Institution «Baltic Directorate of Technical Provision of Surveillance at Sea»

COMPLEX ASSESSMENT OF GEOLOGICAL SITUATION IN THE AREAS OF UNDERWATER PILLING GULF OF FINLAND

The issues of creation of an information basis of assessment of the environmental situation in the Gulf of Finland. Systematization of data, models, analysis results in GIS technology allows you to visualize the situation on the map, analyze the trends of its development, to identify the critical loads in the zones of piling.

Environmental assessment, geoinformation technologies, water area, piling

УДК 621.398 (088.8)

Е. М. Антонюк, И. Е. Варшавский
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Адаптивный коммутатор с параллельным анализом погрешности аппроксимации

Предложен вариант реализации устройства определения очередности передачи измерительной информации. Рассмотрены структурные схемы адаптивного коммутатора с параллельным анализом погрешности аппроксимации. Показано, что при общей высокой активности входных сигналов некоторые малоактивные измерительные каналы могут не опрашиваться. Для исключения этого явления коммутатор дополнен узлом контроля, позволяющим получать информацию от таких каналов через определенные промежутки времени.

Измерительная информация, измерительные информационные системы, сжатие данных, адаптивная коммутация

Информационно-измерительная техника является одним из основных факторов ускорения научно-технического прогресса. Прогресс в науке

и технике обеспечивает непрерывный рост измерительной информации, повышение точности и характеристик входных сигналов при различных
