

УДК 551.46+574.58

Л.В. Александрова, А.В. Митько

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ФИНСКОГО ЗАЛИВА И ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Рассмотрены вопросы технического обеспечения комплексного мониторинга мелководных регионов. Выявлены методы экологического мониторинга, являющиеся наиболее информативными и предпочтительными с точки зрения скорости проведения и стоимости. Предложены варианты гидрофизических методов и радиолокационного подхода к данным видам обеспечения мониторинга. Выработаны критерии выбора концепции создания системы экологического мониторинга. Обоснованы направления реализации дальнейших исследований в этой области. Разработана оригинальная концепция системы подводного мониторинга Финского залива и Ладожского озера.

Экологический мониторинг, мелководный район; концепция; гидрофизические методы.

L.M. Aleksandrova, A.M. Mit'ko

COUPLING OF ARCHIVAL DATA AND REMOTE SENSING IN A DEVELOPMENT OF GIS OF BARENTS SEA

The problems of logistics complex monitoring of shallow regions. Identified environmental monitoring methods, which are the most informative and advantageous in terms of speed and cost. Variants of hydro methods and radar approach to these types of security monitoring. The criteria of choice concept of environmental monitoring system. The directions of the future research in this area. An original concept of the underwater monitoring the Gulf of Finland and Lake Ladoga.

Environmental monitoring; shallow areas; concept; hydrophysical methods.

Отличительной чертой Балтийского моря является наличие значительного речного стока, выносящего большую часть загрязняющих веществ. Финский залив расположен в восточной части Балтийского моря, омывает берега Финляндии, России и Эстонии. Залив является наиболее эвтрофированной частью Балтийского моря, поступление биогенов в которую в среднем выше в 2–3 раза, чем в Балтийское море в среднем. Основными источниками загрязнения здесь являются стоки реки Невы и стоки бассейна Невы. Экологическое состояние восточной части Финского залива можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Замечено аномальное развитие патогенных бактерий, среди загрязняющих веществ присутствуют ионы ртути и меди, хлорорганические пестициды, фенолы, нефтепродукты, полиароматические углеводороды. Высока степень загрязнения биогенами и как следствие наблюдается значительная эвтрофикация.

Гидротехнические и строительные работы, проводящиеся особенно активно последние годы, наносят значительный ущерб экосистеме региона. Развитие портового хозяйства в районе Усть-Луги, Приморска и Высоцка уже явилось причиной сокращения популяций отдельных видов рыб. Проекты по изменению береговой линии вследствие намыва новых территорий будут иметь далекоидущие последствия для всего региона в целом.

Динамичное развитие данного региона и особенности его экосистемы являются поводом для детальных и разносторонних исследований факторов, влияющих на уровень и характер загрязнения водной среды. Подобные исследования требуют большого количества информации с географической привязкой из различных источников. Геоинформационные системы (ГИС), обладающие необходимыми свойствами для получения, хранения, классификации, отображения и анализа информации с географической привязкой, могут объединять различного рода

данные в единую управляемую систему баз данных, обеспечивая тем самым эффективный доступ к данным и их картирование в удобном для использования с различными целями виде (Bernhardsen, 2002; Clark, 2001; Delaney, 1999; Demers, 2000). Кроме того, включение в базу ГИС результатов гидродинамического моделирования, учитывающего источники загрязнений, позволяет создать эффективный инструмент не только прогноза и оценки потенциальных экологических проблем, связанных со сточными водами и иными загрязнителями в прибрежной зоне, но и впоследствии более эффективного применения численных методов по результатам сравнения результатов моделирования и измеренных *in-situ* значений.

Несмотря на то, что ГИС могут предоставить столь неоценимую помощь для исследователей, существует очень мало геоинформационных моделей, включающих результаты 3D-гидродинамического моделирования. Возможно, это связано с общей сложностью создания модели, адекватно воспроизводящей постоянно меняющиеся условия морской среды. Большинство современных гидродинамических ГИС-моделей являются двухмерными. Например, таковой является IDOR 2D, осредненная по вертикали модели переноса загрязнений (Tsanis and Boyle, 2001). Поскольку в реальности гидродинамические процессы являются трехмерными и довольно сложными, подобные модели даже в самых простейших случаях, наиболее подходящих для 2D-аппроксимации, упрощают исходные процессы и позволяют получить результаты с ограниченной точностью. Поскольку фундаментальной особенностью ГИС является 2D-картирование информации, нетривиальной задачей становится «разворот» двумерной матрицы для применения в трех- или четырехмерном мире.

Другим камнем преткновения и препятствием для более широкого использования ГИС-моделей является сложность сбора данных по открытому морю и прибрежной зоне. В общем, существует два пути получения данных. Первый предполагает проведение полевых исследований и измерительных кампаний с использованием судов и судового оборудования либо автоматических станций мониторинга, например буйковых станций. Этот способ получения данных требует наличия судна (станции), соответствующего оборудования, квалифицированных специалистов и является довольно затратным по времени и ресурсам. Использование прикладных ГИС в этой области недостаточно развито, чему объективной причиной является вероятнее всего сложность представления сложной трехмерной водной среды с помощью двухмерных ГИС. Очередной шаг в попытке расширить использование ГИС в области исследования прибрежной зоны с использованием обобщенного опыта предшественников описывается в данной статье.

Разработка вспомогательного аналитического средства может быть полезным инженерам и специалистам, ответственным за принятие решений по управлению прибрежной зоной. Достижение данной цели предполагает прохождение нескольких этапов:

- 1) разработка гидродинамической модели;
- 2) разработка модели, позволяющей оценить качество воды, на базе имеющейся гидродинамики;
- 3) разработка ГИС, содержащей имеющиеся данные исследований и результаты моделирования;
- 4) пример использования разработанной системы для оценки качества воды в выбранном регионе.

Выполнение работ по данным четырем пунктам позволяет очертить проблемы загрязнения водной акватории и возможные пути их решения. Целью первого пункта является создание гидродинамической модели, адекватно описывающей особенности исследуемого района, в данном случае – прибрежной зоны восточной

части Финского залива. На следующем этапе проводится моделирование распространения примеси, представляющей собой актуальные и доступные для численного моделирования загрязнители. Результаты моделирования будут объединены с другими типами данных на третьем этапе при создании геоинформационной системы. И, наконец, последний этап предполагает создание полезного инструмента для эффективной оценки состояния водной среды при различных ситуациях, характеризующихся повышенной антропогенной нагрузкой на экосистему региона.

ГИС является потенциально эффективным средством оценки ситуаций с уровнем загрязнений прибрежной зоны восточной части Финского залива, близким к критическому или критическим. Задача данной работы состоит в разработке ГИС-инструмента для оценки текущего уровня загрязнения исследуемой акватории, определение интегральной уязвимости экосистемы относительно определенных видов загрязняющих агентов. Разработка выполняется по следующему плану:

1. Создание базы данных полевых исследований гидродинамики и качества воды.

Данные по гидродинамике и качеству воды собраны из различных источников и объединены в единую базу данных ГИС. Процесс сбора данных включает стадию проверки качества данных, оценки их точности, производится анализ необходимости тех или иных данных в искомой базе. База данных ГИС создается таким образом, чтобы обеспечить эффективный доступ к данным, быстрое выполнение запросов к базе и управление собранными данными. Создание базы данных начинается с выбора подходящего для этой цели программного обеспечения, затем осуществляется дизайн структуры базы и собственно импорт собранных данных в базу.

2. Выбор программного обеспечения для создания ГИС.

Существует большое разнообразие пакетов для создания геоинформационных систем. Выбор подходящего в данном конкретном случае пакета начинается с определения требований проекта, которые должны быть выполнены с помощью программного обеспечения, затем производится сравнение возможностей различных пакетов для разработки ГИС. Другими факторами, непосредственно определяющими выбор пакета, являются гибкость системы и стоимость лицензии на использование и техническую поддержку.

3. Модификация ГИС для эффективного получения данных и их отображения.

Для удовлетворения нуждам проекта может понадобиться включение новых функций в ГИС. Дополнительные функции могут быть разработаны с помощью встроенных средств расширения в конкретном пакете либо получены от сторонних производителей.

В качестве программной среды разработки ГИС была выбрана ArcView 9.3, разработанная в Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Была использована система в базовой конфигурации вместе со следующими модулями 3D Analyst, Spatial Analyst, Geostatistical Analyst.

Доступ к результатам ГИС-анализа гидродинамики реализован через главное меню дополнительного разработанного модуля. Новый модуль содержит всего четыре меню: 1. Данные; 2. Интерполяция; 3. Модель; 4. Результаты. Пункт меню Данные служит для доступа к получению и отображению полевых данных. Меню Интерполяция сходно с меню Данные, но включает еще интерполяцию по времени и по пространству. Меню Модель предоставляет связь с базой данных, содержащей входные данные для численного моделирования. Меню Результаты позволяет просмотреть анализ полученных результатов в ГИС.

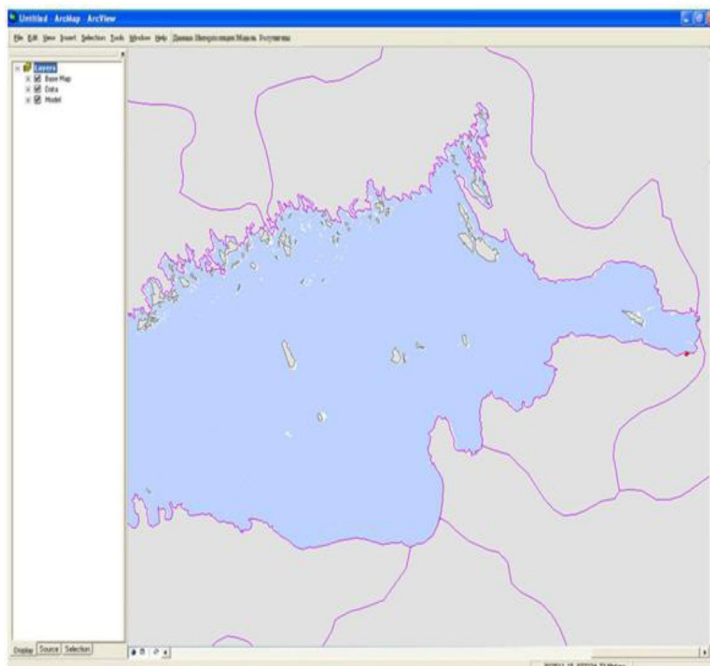


Рис. 1. Модифицированный интерфейс ArcView

Использование реляционной системы баз данных является действенным подходом к хранению, организации и управлению собранными данными в различных форматах. Программное обеспечение MS Access управления реляционными базами данных было выбрано для этого исследования.

Причиной хранения данных именно в реляционной базе данных, а не непосредственно в ГИС программе является то, что реляционные базы данных, как правило, являются гораздо более гибкими и эффективными в управлении, при составлении запросов к табличным данным и поиске атрибутов. В подготовленной базе можно хранить огромное количество разнородных данных, однако лишь некоторый набор используется для выполнения данной работы. Реляционная база данных снабжена удобными средствами обработки данных и запросов к данным для быстрого и эффективного доступа к информации.

Производительность ГИС повышается за счет импорта только необходимой информации для текущих задач из базы данных в программную среду.

Данные из различных источников и различных форматов организованы в коллекцию таблиц для базы данных ГИС. Эти таблицы могут быть в упрощенном виде разделены на два типа: 1) станция и 2) измерение. В большинстве кампаний по сбору натуральных данных информация собиралась по определенным точкам мониторинга с известными и фиксированными координатами. Станционная таблица содержит географические координаты точки, информацию о географической координатной системе и проекции. Таблица измерений содержит фактически собранные данные. Каждая запись состоит из соответствующего набора гидродинамических или биоэкологических параметров, в том числе следующие данные: 1) дата/время; 2) глубина; 3) id-станции.

Для эффективного использования ГИС необходимо усовершенствовать механизм сбора и первичной обработки данных при размещении их в единой базе. Как было указано выше, существуют два ключевых момента при использовании ГИС-

