

Раздел I. Методы и средства экологического мониторинга водных районов

УДК 551.46+574.58

Л.В. Александрова, Н.Н. Ткаченко

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА АКВАТОРИИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Рассматривается разработка геоинформационной модели Балтийского моря для точного мониторинга и выявления гидроакустических аномалий, исследования океанологических характеристик, а также контроля качества воды. Геоинформационные методы позволяют совместить результаты численного гидродинамического моделирования, гидрофизических и гидрохимических исследований искомого региона, данных о потенциальных источниках загрязнения и получить в итоге комплексный анализ с возможностью прогноза ситуации при загрязнении прибрежной зоны и потенциальных последствий для экосистемы.

Геоинформационные системы; Балтийское море; качество воды; мониторинг акватории.

L.V. Alexandrova, N.N. Tkachenko

GEOINFORMATION SYSTEM OF MONITORING OF THE BALTIC SEA AREA

The subject is development of the geoinformation model of the Baltic sea for exact monitoring and revealing of hydroacoustic anomalies, researches of oceanological characteristics and water quality management. Geoinformation methods allow to combine results of numerical hydrodynamic modeling, hydrophysical and hydrochemical researches of required region and data about potential sources of pollution. Developed GIS model provides with the complex analysis and possibility of forecast of coastal zone pollution and potential consequences for an ecosystem.

Geoinformation systems; the Baltic sea; water quality; water area monitoring.

Одним из наиболее перспективных направлений, развиваемых в Российском государственном гидрометеорологическом университете, является геопространственное моделирование. Особую актуальность оно приобретает в связи со строительством «Северного потока», а также вводом в эксплуатацию новых портовых и нефтеналивных сооружений. Мониторинг, выявление и ликвидация возможных техногенных катастроф неосуществимы без развития инновационных технологий в области геоинформатики и организации геоинформационных систем (ГИС). Подобные системы позволяют проводить комплексный анализ состояния вод, в который входят: оперативное наблюдение за течениями, волнами, изменениями в морфологической структуре прибрежной зоны, качеством воды и переносом загрязнений, а также возможностью выявления антропогенных катастроф и подводного терроризма.

Балтийское море в целом и Финский залив как его часть подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Экологическое состояние восточной части Финского залива является неудовлетворительным. Замечено аномальное развитие патогенных бактерий, среди загрязняющих веществ присутствуют ионы ртути и ме-

ди, хлорорганические пестициды, фенолы, нефтепродукты, полиароматические углеводороды. Высока степень загрязнения биогенами и как следствие наблюдается значительная эвтрофикация [1,2,3]. 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.

Целью обсуждаемой работы является разработка системы «гидродинамическая модель ↔ измерительные средства ↔ геоинформационная модель» для точного мониторинга и выявления гидроакустических аномалий, исследования океанологических характеристик, а также контроля качества воды. Основное назначение дистанционных методов в этой работе – пополнение, проверка и калибровка моделей. Схема разрабатываемой системы представлена на рис. 1. Геоинформационные методы позволяют совместить результаты численного гидродинамического моделирования, гидрофизических и гидрохимических исследований искомого региона, данных о потенциальных источниках загрязнения и получить в итоге комплексный анализ с возможностью прогноза ситуации при загрязнении прибрежной зоны и потенциальных последствий для экосистемы. Численная модель позволяет исследовать термохалинную структуру, особенности циркуляции, изменчивость температуры, солености и уровня поверхности моря, учесть влияние речного стока и других факторов на гидродинамические процессы. Большинство современных моделей включают потоки тепла через поверхность, напряжение ветра, мезомасштабные вихри, реальные береговые линии и особенности рельефа дна и более 20 горизонтов по вертикали. Данные, полученные с помощью численного моделирования, затем используются в разрабатываемой геоинформационной модели региона. Мощные полнофункциональные географические информационные системы служат основным инструментом при создании национальных и региональных экологических информационных систем. Наиболее часто ГИС применяются для создания карт и визуализации информации, которая имеет географическую привязку. Однако современные геоинформационные методы исследований позволяют значительно расширить сферу применения данных систем. Разрабатываются модели оценки возможностей использования источников информации, регистрирующих поля различной физической природы для систем мониторинга различного назначения. Использование ГИС позволяет разрабатывать методики оценки возможных ситуаций и прогнозирования сценариев их развития в условиях минимума необходимой информации на основе комплексного подхода с применением методов сводных показателей, иммунокомпьютинга и механизмов гармонизации, интеграции и слияния информации.

Для решения задач устойчивого природопользования и сохранения моря необходимо комплексное исследование, основанное на мощной информационной базе, включающей в себя гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические и геоморфологические данные. Обработку, представление и анализ этих данных удобнее всего делать при помощи геоинформационных технологий, так как они привязывают информацию к географическим координатам и позволяют задавать масштаб и проекцию, а также определять характеристики в любой точке карты. ГИС может быть использован не только для создания и редактирования многослойных карт, но и для выполнения статистического и графического анализа.

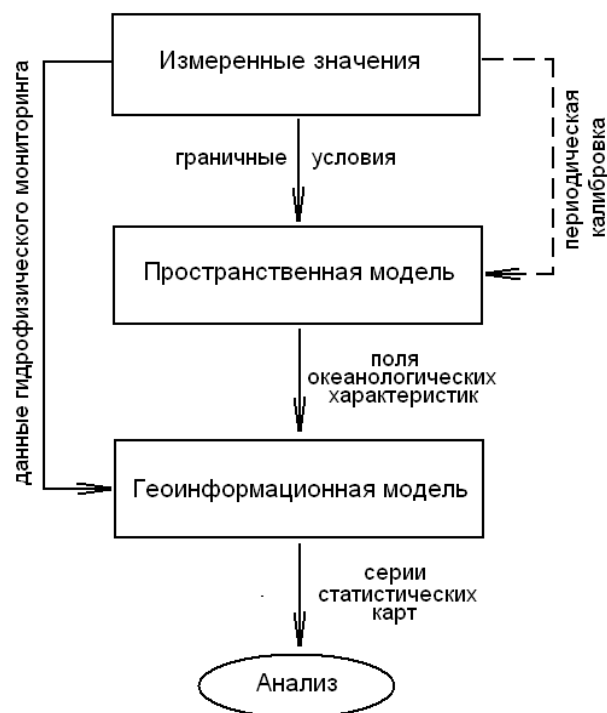


Рис. 1. Системы «гидродинамическая модель ↔ измерительные средства ↔ геоинформационная модель»

Для формирования карт океанологических характеристик необходимо использовать гидродинамическую модель Балтийского моря. Подобных программных продуктов разработано достаточное количество, но каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. К недостаткам (относительно данной работы) можно отнести слишком крупную пространственную сетку. Такие модели могут быть использованы только для представления общей картины распространения характеристик и не пригодны для детального моделирования акватории. Не во всех моделях реализован модуль «Качество воды», решающий задачу диффузии-адвекции или реакции-диффузии-адвекции и позволяющий рассчитать перенос веществ (загрязнений). Поэтому должна быть создана новая или доработана уже имеющаяся модель. Для расчета гидродинамики предполагается использование трехмерной нестационарной гидродинамической модели высокого разрешения модульной структуры, включающей в себя блоки циркуляции моря и примесей. Модель циркуляции основана на полных уравнениях гидротермодинамики в приближениях Буссинеска и гидростатики, включающих уравнение состояния морской воды в форме, предложенной ЮНЕСКО.

Можно выделить три этапа формирования геопространственной модели [4]:

1. Первичная настройка и анализ чувствительности модели, включающие создание карты батиметрии исследуемой области и выбор типа сетки, а также подбор числовых параметров, например, временных интервалов и разрешения сетки. После выбора этих основополагающих параметров, необходимо провести анализ чувствительности с учетом шероховатости дна, турбулентной вязкости и скорости ветра (силы и направления).

2. Калибровка – один из самых важных этапов в развитии гидродинамической модели. Ее целью является доведение модели до уровня, когда измеренные (проверочные) и рассчитанные значения максимально соответствуют друг другу.

3. Верификация модели, т.е. проверка ее работоспособности на независимых данных, не участвовавших в калибровке модели.

На завершающем этапе производится аттестация модели, позволяющая сформировать ГИС, пригодную для использования в практических приложениях.

После того как модель сконфигурирована и запущена в работу, полевые данные могут быть использованы в качестве начальных значений и периодической проверки результатов работы. Готовая модель может быть использована для составления прогнозов, исследования океанологических характеристик и контроля загрязнения вод [5].

Данные, полученные с помощью численного моделирования, затем используются в разрабатываемой геоинформационной модели региона. Результатом геоинформационной модели могут быть карты, отражающие состояние, взаимосвязи и потенциальные изменения факторов, обуславливающих определенный уровень загрязнения водной среды.

С помощью статистических методов могут быть рассчитаны фоновые поля характеристик, особенности фоновой пространственной изменчивости характеристик на разных масштабных уровнях, различные коэффициенты корреляций, карты аномалий и др. С помощью карт корреляций можно выявлять пространственные особенности в типе взаимосвязей между различными факторами, влияющими на характер и степень загрязнения водоема, и гидрофизическими полями, оценивать вклад различных факторов в процессы загрязнения вод Балтийского моря. Таким образом, с помощью геоинформационной модели можно структурировать, систематизировать и проанализировать разнородные данные, объединив их на единой картографической основе. Эта база данных фактически является гидрофизическим паспортом региона, адекватно отображающим его океанологический паспорт, а база знаний в ГИС позволяет прогнозировать и выбирать варианты действий в регионе при решении ресурсных, навигационных, исследовательских и других задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хокансон Л.* Физическая география Балтики. Балтийское море и его окружающая среда. – СПб.: Гидрометиздат, 1996. – 35 с.
2. *Форсберг К.* Эвтрофикация Балтийского моря. – СПб.: Гидрометиздат, 1996.
3. *Бэклунд П., Холмбом Б., Леппякоски Э.* Промышленные загрязнители и токсиканты. – СПб.: Гидрометиздат, 1996.
4. *Winter C., Poerbandono, Hoyme H., Mayerle R.* Modelling of Suspended Sediment Dynamics in Tidal Channels of the German Bight. Die Kueste, 2005.
5. *Алексеев В.В., Гридина Е.Г., Куракина Н.И., Минина А.А.* Система оценки качества водных объектов по комплексу гидробиологических показателей на геоинформационной основе «Надежность и качество» // Труды международного симпозиума. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. А.Н. Поликарпов.

Николай Николаевич Ткаченко

Российский государственный гидрометеорологический университет.

E-mail: nick@rshu.ru.

195196, С.-Петербург, пр. Металлистов, 3.

Тел.: 88122243042.

Аспирант.

Александрова Лидия Владимировна
E-mail: lida@rshu.ru.
195196, С.-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
Тел.: 88124444165.
Аспирант.

Nikolay Nikolaevich Tkachenko
The Russian State Hydrometeorological University.
E-mail: nick@rshu.ru.
3, Metallistov, Avenue, St.-Petersburg, 195196, Russia.
Phone: +78122243042.
Post-graduate Student.

Aleksandrova Lydia Vladimirovna
E-mail: lida@rshu.ru.
98, Maloohhtinsky Avenue, St.-Petersburg, 195196, Russia.
Phone: +78124444165.
Post-graduate Student.

УДК 556.3

В.Ю. Вишневецкий, Н.Г. Булавкова, В.С. Ледяева

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БИОТЕСТОВОЙ СИСТЕМЫ*

Рассмотрены основные методы, задачи и возможности биотестирования, описаны их преимущества, принципы их аппаратной реализации. Рассмотрены типы тест-объектов, используемые для биотестового анализа, требования к их выбору. Проанализированы автоматизированные биотестовые системы как отечественного, так и зарубежного производства, описаны преимущества их использования для оценки токсичности. Рассмотрены основные принципы построения биотестовых систем на основании общих принципов синтеза биотехнических систем.

Биотестовая система; токсичность; тест-объект.

V.Yu. Vishnevetskiy, N.G. Bulavkova, V.S. Ledyayeva

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF BIOTEST SYSTEM

In article basic methods of biotesting, challenges and opportunities are considered, their advantages, the principles of their hardware implementation are described. Consider the types of test objects used for biotest analysis, the requirements for their choice. Analyzed by the automated systems, as domestic production, and foreign are analysed, describes the benefits of their use to assess the toxicity. The basic principles of building biotest systems based on the general principles of synthesis of biotechnological systems are considered.

Biotest system; toxicity; test object.

В XXI в. на первый план выходит экологическая безопасность. Количество загрязняющих химических соединений в окружающей среде составляет уже несколько тысяч, и многие из них, находясь в микродозах, совместно воздействуют на живые организмы как токсический агент, распознать который химическими методами порой невозможно.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (ГК П1205 от 04.06.2010 г.).