УДК 504.064.36:519.63

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АКВАТОРИЙ И ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ: ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Подольский А.Л., Бобырев С.В., Тихомирова Е.И., Беляченко А.А., Лобачёв Ю.Ю., Угланов Н.А., Михалёв С.Э.

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов, e-mail: andrei.podolsky@yahoo.com

В условиях засушливого климата Саратовской области состояние водных и прибрежных экосистем является приоритетом региональной политики природопользования. Нами разработана система интегрированного экологического мониторинга водных объектов и околоводных экосистем. Система включает в себя мобильные станции, оснащённые измерительными приборами, подключёнными к переносным компьютерам с выходом в Интернет для передачи результатов измерений на стационарный сервер. На станциях измеряются физико-химические параметры воды и приземного слоя воздуха, а также подводных грунтов и почв в зоне затопления. Исследуются экологическое состояние биоресурсов (водная и околоводная растительность, рыба, зообентос, околоводный орнитокомплекс и др.). На сервере производится интегрированная обработка всей информации, поступающей со станций, и вырабатываются оценки текущего состояния экосистемы и прогноз её развития. Результаты анализа выкладывается на сайт в Интернете и становятся доступными для специалистов и широкой общественности. Ориентация на мобильные приборы, имеющиеся в широкой продаже, позволяет подключить к исследованиям население (студентов, волонтёров из числа натуралистов, рыбаков, охотников, членов природоохранных общественных организаций), резко увеличить объём измерений и обеспечить возможность сравнения результатов, полученных разными авторами.

Ключевые слова: экологический мониторинг, водные и прибрежные экосистемы, методы экологических исследований, ГИС

INTEGRATED ENVIONMENTAL MONITORING OF WATER BODIES AND SHORE ECOSYSTEMS: ORGANISATIONAL DESIGN, SOFTWARE AND HARDWARE

Podolsky A.L., Bobyrev S.V., Tikhomirova E.I., Belyachenko A.A., Lobachev Y.Y., Uglanov N.A., Mikhalev S.E.

Saratov State Technical University n.a. Y.A. Gagarin, Saratov, e-mail: andrei.podolsky@yahoo.com

In arid climate of Saratov region, environmental condition of water bodies and shore ecosystems is a priority of the regional environmental management policies. We developed an integrated system of ecological monitoring of aquatic and flood-plain ecosystems. The system includes mobile stations with measuring gadgets connected to portable computers. Measurements are transmitted onto stationary server via Internet. On these stations, the following environmental variables can be measured: chemical and physical contents of water and adjacent layer of air, aquatic and shore vegetation, fish and zoobenthos resources, water bird communities etc. On the server, data from mobile stations is used to evaluate an ecological condition of ecosystems and to build predictive models of its further development. Results are available to all specialists and the public at the specially designed Internet site. Using volunteers among students, naturalists, fishermen, hunters and environmental NGOs for participation in the project facilitates collection of environmental data and comparison of results obtained by different observers.

Keywords: ecological monitoring, aquatic and shore ecosystems, methods of ecological research, GIS

Экологический мониторинг, являясь средством получения информации для выработки решений по рациональному природопользованию [3], может рассматриваться как компонент обратной связи в системе управления экосистемами. В такой системе управления мы выделяем три контура управления: стабилизирующий, оперативного управления и стратегический (рис. 1).

Стратегический контур управления функционирует на основе многолетних исследований экосистем и при учёте характера и целей хозяйственной деятельности в регионе. Для функционирования стабилизирующего контура достаточно наблюдений, на основании которых можно сделать вывод о наличии изменений экосистем и о характере этих изменений. Контур оперативного управления реализуется при осуществлении природопользования. Для обеспечения компромисса между эффективностью и экологической безопасностью природопользования необходимо дополнительно проводить анализ причинно-следственных связей процессов, происходящих в экосистемах. Эти процессы могут иметь как естественный, так и антропогенный характер. Таким образом, для обеспечения управляемости природопользования необходимы специальные технологии мониторинга как средства получения исходной информации для выработки управленческих решений.

Территория Саратовской области лежит в пределах нескольких природных зон, что обусловливает разнообразие экосистем ре-

гиона. Принимая во внимание относительно засушливый климат области, состояние водных экосистем требует особого внимания. Околоводные экосистемы, в свою очередь, обеспечивают барьерную функцию по отношению к водным объектам, вследствие чего мониторинг их состояния должен быть неотъемлемой частью общей интегрированной системы экологического мониторинга акваторий и прибрежных экосистем. Поэтому при разработке эффективных методов мониторинга требуется обеспечить возможность совместного анализа информации, получаемой из различных географически удаленных источников. Это требует специальных организационно-технических и программно-аппаратных решений, что и явилось целью настоящей работы.

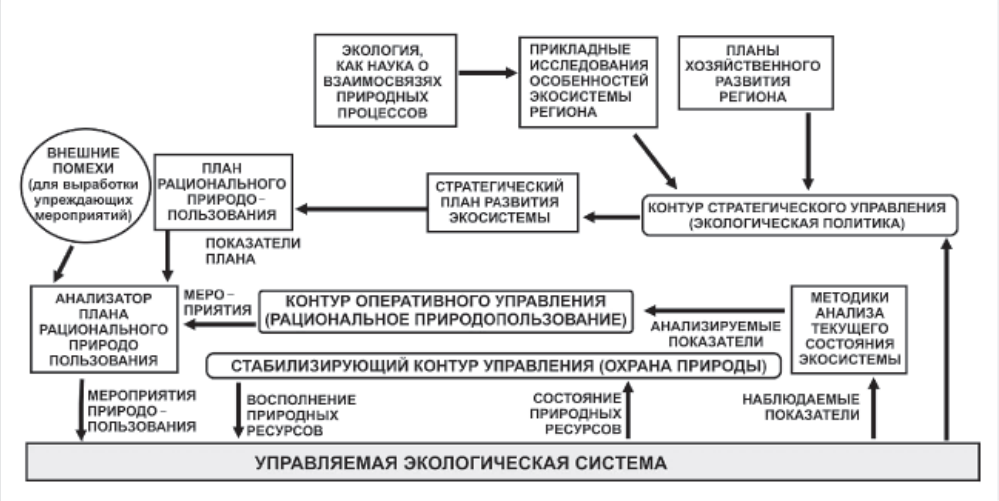

Рис. 1. Трёхконтурная система управления экосистемой

Концепция создания системы интегрированного мониторинга (рис. 2) учитывает мировую [4] и отечественную [2] практику и основана на нижеследующих принципах.

1. Первичная информация о текущем состоянии экосистемы собирается на подвижных станциях, базирующихся на автомобилях и маломерных судах. В настоящее время ведутся разработки по использованию беспилотных летательных аппаратов.

2. Аппаратное обеспечение станций включает в себя датчики и сенсоры [5], подключаемые к мобильному компьютеру с беспроводным выходом в Интернет или мобильному телефону-коммуникатору, и GPS-устройство. На станциях измеряются физико-химические параметры воды и приземного слоя воздуха, а также подводных грунтов и почв в зоне затопления и исследуется экологическое состояние биоресурсов (водная и околоводная растительность, рыба, зообентос, околоводный орнитокомплекс и др.) с использованием общедоступных методов.

3. Собранная информация передаётся на общий стационарный сервер, на котором производится полный анализ данных со всех источников, даётся заключение о состоянии экосистемы, которое затем выкладывается в интернет на специально созданный для этой цели сайт «Акватория-Саратов» [1], где становится доступным всем участникам проекта. В некоторых случаях используется промежуточный сервер, на котором производится первичная обработка результатов измерений. Ориентация на приборы, имеющиеся в широкой продаже, позволяет подключить к исследованиям население (студентов, волонтёров из числа натуралистов, рыбаков, членов природоохранных общественных организаций), резко увеличить объём измерений и облегчает сравнение результатов, полученных разными авторами.

Заключение

Разработанный комплекс удовлетворяет требованиям получения достоверной информации, которая может использоваться для выработки управленческих решений по рациональному природопользованию. Наиболее эффективными качествами комплекса оказываются:

1. Обеспечение возможности совместного доступа к информации территориально удалённых пользователей.

2. Обеспечение общения и совместной работы исследователей в реальном времени.

3. Высокая скорость и относительно низкая стоимость вычислений за счёт использования эффективных алгоритмов.

4. Высокая защищенность информации от помех, возникающих при передаче

информации по каналам связи, от ошибок оператора при вводе информации в систему и от несанкционированного изменения данных другими пользователями.

5. Развитые технологии искусственного интеллекта, позволяющие создавать эффективные экспертные системы оценки полученных результатов.

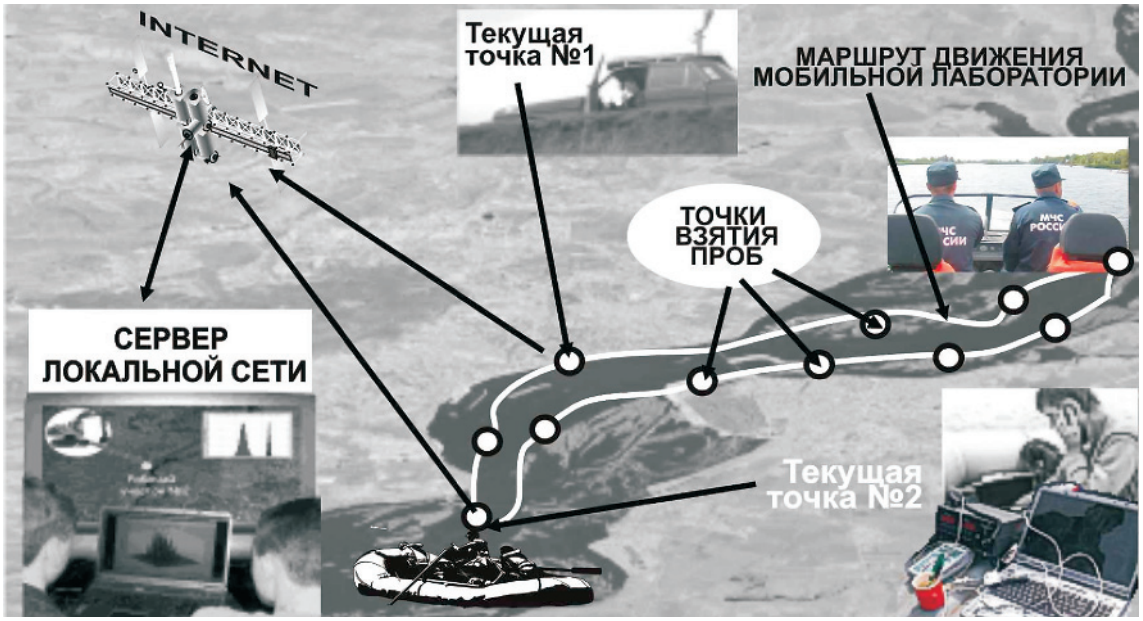

Рис. 2. Распределённая система интегрированного мониторинга, основанная на Web-технологиях

Список литературы

1. Акватория – Саратов: общественный научно-популярный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://akv64.ru/ (дата обращения: 29.02.12).

2. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – 3-е изд. – СПб.: Крисмас+, 2004. – 248 с.

3. Burden F.R. Environmental Monitoring Handbook. – New York: McGraw-Hill Professional, 2002. – 1100 p.

4. Seuront L., Strutton P.G. Handbook of Scaling Methods in Aquatic Ecology: Measurement, Analysis, Simulation. . – New York: CRC Press, 2003. – 624 p.

5. Ustin S. Manual of Remote Sensing: Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring. – New York: John Wiley & Sons, 2004. – 768 p.

References

1. *Akvatoriya – Saratov: obschestvennyi nauchno-populyarnyi sait [Elektronnyi resurs]* (Water Bodies – Saratov: scientific and popular site for the public [Electronic resource]). Available at: http://akv64.ru / (accessed 29 February 2012).

2. Muravyov A.G. *Rukovodstvo po opredeleniyu pokazateley kachestva vody polevymi metodami* (Manual on Field Methods of Water Quality Assessment). 3rd edition. St. Petersburg: Krismas+, 2004. 248 p.

3. Burden F.R. Environmental Monitoring Handbook. New York: McGraw-Hill Professional, 2002. 1100 p.

4. Seuront L., Strutton P.G. Handbook of Scaling Methods in Aquatic Ecology: Measurement, Analysis, Simulation. New York: CRC Press, 2003. 624 p.

5. Ustin S. Manual of Remote Sensing: Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring. New York: John Wiley & Sons, 2004. 768 p.

Рецензенты:

Опарин М.Л., д.б.н., директор Саратовского филиала Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, г. Саратов;

Сергеева И.В., д.б.н., профессор, зав. кафедрой ботаники и экологии Саратовского государственного университета имени Н.И. Вавилова, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 03.04.2012.