

## **Автоматизация процессов мониторинга экосистемы озера Байкал с применением современных ГИС и Web-технологий**

А.В. Паршин

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН*

sarhin@rambler.ru

Мониторинг экосистемы озера Байкал является важной научной и хозяйственной задачей. Данная работа посвящена вопросам геоинформационного обеспечения этого мониторинга.

Вводится понятие корабельных геоинформационных систем. Корабельная ГИС – комплекс программных и аппаратных средств, методов, человеческих ресурсов, включающий системы навигации, получения, хранения, обработки и представления данных, и при этом имеющий в своей основе судно. Доказывается состоятельность таких ГИС как основного инструмента получения, хранения и представления знаний при решении задач, связанных с экологическим мониторингом водных акваторий.

Озеро Байкал является крупнейшим в мире по объему пресной воды (20% мировых запасов и 90% российских), его берега представлены уникальными по своей живописности ландшафтами, требующими своего сохранения в естественном виде согласно Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО и законодательству Российской Федерации. Таким образом, на Российской Федерации лежит огромная ответственность за сохранность озера Байкал. Для контроля за его экосистемой необходимы достоверные, полные и своевременные данные о состоянии и прогнозе изменений природных компонентов окружающей среды озера. Для своевременного получения подобной информации требуется формирование системы мониторинга, адекватной по своей полноте и научно-техническому уровню степени ответственности за сохранность уникальной экосистемы озера Байкал. Организация такой системы является важной государственной задачей [1].

Термин "государственный экологический мониторинг" определен как комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Акцент экологического мониторинга, осуществляемого в Российской Федерации на протяжении ряда последних лет, смещен в сторону контроля физико-химических параметров различных абиотических сред, которые являются компонентами экосистем, и ряда физико-химических параметров, могущих воздействовать на функционирование экосистем. Информация о состоянии и динамике биологических компонентов экосистем позволяет понять причинно-следственные связи в таких комплексах, как "абиотические - биотические составляющие природной среды" и "антропогенные факторы - окружающая среда". Многолетний опыт научно-исследовательских организаций, вовлеченных в экологический мониторинг экосистемы оз. Байкал, позволяет утверждать, что для достижения его главной цели - предотвращения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей природной среды необходимо осуществлять мониторинг биотических сообществ, входящих

в состав экологических систем, с обязательным изучением гидрохимических свойств водных акваторий [2].

Несомненно, уже один только повторный запуском Байкальского целлюлозно-бумажного комбината в 2010 г. делает задачу мониторинга архиважной, однако не стоит забывать что его целью является не только обнаружение и прогноз негативных тенденций в природной среде, но и

- доказательство ее чистоты и ненарушенности;
- демонстрация стабильности (неухудшения) нарушенного состояния (там, где такое имеет место);
- документированная фиксация ненарушенного состояния природной среды.

Согласно текущему законодательству, экологический мониторинг должен поддерживаться научными исследованиями и служить навигатором объектов экологического контроля [3].

В настоящее время гидрохимические наблюдения за акваторией озера Байкал осуществляет подразделение Министерства природных ресурсов РФ – ФГУ «Востсибрегионводхоз». Главным инструментом этой организации является судно «Исток», несущее на себе программно-аппаратный комплекс «Акватория Байкал – 2», позволяющий осуществлять непрерывные измерения гидрохимических и гидрофизикохимических параметров водной среды по четырнадцати показателям в процессе движения судна.

Таблица В.1 Определяемые показатели

№п/п	Сокращение	Полное наименование	Ед. измерения	Диапазон	Погрешность (неопределенность)
1	T	Температура	°C	0-35	±0,1
2	Цветность	Цветность	Град	5-10	50%
				10-70	10%
3	O2	Растворенный кислород	мг/л	0-16	±0,4
4	pH	Водородный показатель	ед. pH	2-12	±0,1
5	NO2	Нитрит-ион	мг/дм3	0,02-0,5	25%
6	NO3	Нитрат-ион	мг/дм3	0,1-5,0	20%
7	NH4	Аммоний-ион	мг/дм3	0,02 до 0,1	50%
				Св. 0,1 до 0,8	25%
8	CL	Хлорид-ион	мг/дм3	0,4 – 5,0	25%
9	SO4	Сульфат-ион	мг/дм3	5-200	20%
10	PO4	Фосфат-ион	мг/дм3	0,01 – 0,05	20%
11	FE	Железо-общее	мг/дм3	0,05-1,0	20%
12	УЭП	Уд.электрпроводимость	См/м	0,005-6,5	±3%
13	S	Соленость, расчет.	промилле	--	±5
14	Eh	Окисл.восст.потенциал	мВ	-700 -+1200	±10

Первая версия комплекса "Акватория Байкал" была разработана в 2002 году. И программное, и аппаратное обеспечение были разработаны специально для выполнения программы мониторинга озера Байкал, являются уникальными и существуют в единственном экземпляре. В настоящее время этот комплекс позволяет осуществлять гидрофизикохимические измерения, поддерживая при этом пространственную привязку.

Обработка результатов исследований производится в специальной пользовательской ГИС. Также в состав комплекса входит навигационное ПО с самодельными картами озера Байкал. Однако эксплуатация комплекса в его современном состоянии сопряжена с рядом проблем, вызванных различными причинами как из области надежности, так и функциональности. Причины недостаточной надежности кроются в использовании стандартных, непредназначенных для использования в условиях высокой влажности, вибраций, низких температур компонентов. Функциональность не соответствует настоящим требованиям программы мониторинга, и связана как с тем, что использованные восемь лет назад программные средства и технологии уже устарели, так и с тем, что многих необходимых возможностей комплекс либо изначально не имел, либо они реализованы не на должном уровне. К примеру, имеющиеся навигационные картографические материалы неточны, а встроенные критерии для выделения аномалий неприменимы для Байкала, из-за чего обработку результатов приходится осуществлять средствами внешних программных средств после возвращения судна из рейса, что затрудняет оперативный мониторинг. Важной проблемой, требующей решения, является высокая требовательность системы к человеческим ресурсам. Если следовать руководству по эксплуатации, то необходимое количество обслуживающего систему персонала просто не поместится на борту судна "Исток". Возможно, в связи с инновационностью комплекса и отсутствием опыта эксплуатации подобных систем, разработчиками комплекса был допущен ряд ошибок. В настоящее время такой опыт получен, в связи с чем было принято решение о модернизации как программной, так и аппаратной частей системы.

На наш взгляд, для корректного выполнения задач по мониторингу оз. Байкал корабельная информационная система должна обладать следующими свойствами:

- Надежность (конкретно, показатели ремонтпригодность и безотказность)
- Оперативность
- Адекватная система навигации
- Простота и удобство использования
- Возможность оперативного обмена данными с берегом
- Открытость
- Автономность

Автономность системы является особенно важным свойством. Под автономностью в данном случае понимается минимизация технического обслуживания комплекса во время рейса, а также отсутствие необходимости в участии человека во всем цикле его работы – от сбора данных до представления результатов.

Учитывая, что система служит для целей хранения данных, их представления и даже навигации, она, очевидно, должна содержать как пространственные, так и атрибутивные данные. В настоящее время наиболее удобным инструментом для получения, хранения, визуализации и анализа пространственно распределенной информации являются географические информационные системы (ГИС), соответственно, было принято решение создать на основе имеющегося оборудования, методов и человеческих ресурсов новой геоинформационной системы. При этом под термином "геоинформационная система" подразумевается не программное средство - визуализатор базы данных (БД), а комплекс программно-аппаратных средств, служащий для сбора, хранения, обработки и выдачи

пространственно распределенных данных. Несмотря на часто встречающееся мнение о недостаточности ГИС как полноценного научного инструмента и необходимости участия специалиста для корректной работы такой ИС, автор считает, что создание геоинформационной системы, позволяющей без участия человека осуществлять весь необходимый спектр работ, в данном случае возможно.

Таким образом, целью работы являлась разработка и создание геоинформационной системы, позволяющей автоматизировать процессы сбора, обработки и публикации результатов гидрохимических исследований. Такая ГИС получила название «корабельная». Она представляет собой комплекс программных и аппаратных средств, методов, человеческих ресурсов, служащий для получения, хранения, обработки и представления данных, и при этом имеющий в своей основе судно. Отличительной особенностью также является входящая в состав такой ГИС система навигации. Фактически, в данном случае в качестве ГИС рассматривается весь корабль – от двигателя до халата специалиста-гидрохимика. Такой подход позволяет уже на стадии проектирования системы учесть особенности эксплуатации будущей ГИС.

Задачи, которые решались в процессе работы, сводились к выявлению слабых мест в существующей структуре комплекса, проектированию ГИС, созданию новых картографических материалов, организации автоматической системы визуализации БД ГИС. Создаваемая геоинформационная система обеспечивает получение данных с приборов, их автоматическую пространственную привязку с помощью GPS, запись в единую базу данных, математическую обработку данных и публикацию результатов в сети Интернет

В первую очередь, усилия были направлены на повышение надежности системы, снижение требований к количеству и квалификации обслуживающего персонала, а также внедрение современной системы представления результатов мониторинга.

Для соответствия новым требованиям предполагалось реализовать следующие возможности:

- пространственная база данных, являющаяся основой для работы системы, хранящая как гидрофизикохимическую, так и навигационную информацию, пополняющуюся в процессе проведения работ;

- самосовершенствующаяся навигационная система с актуальной картографической информацией, способная как получать информацию из БД, так и пополнять ее данными батиметрии;

- подключение к единой БД имеющегося на борту, но не задействованного на данный момент оборудования, такого как гидролокатор бокового обзора, радиометры, флюориметры;

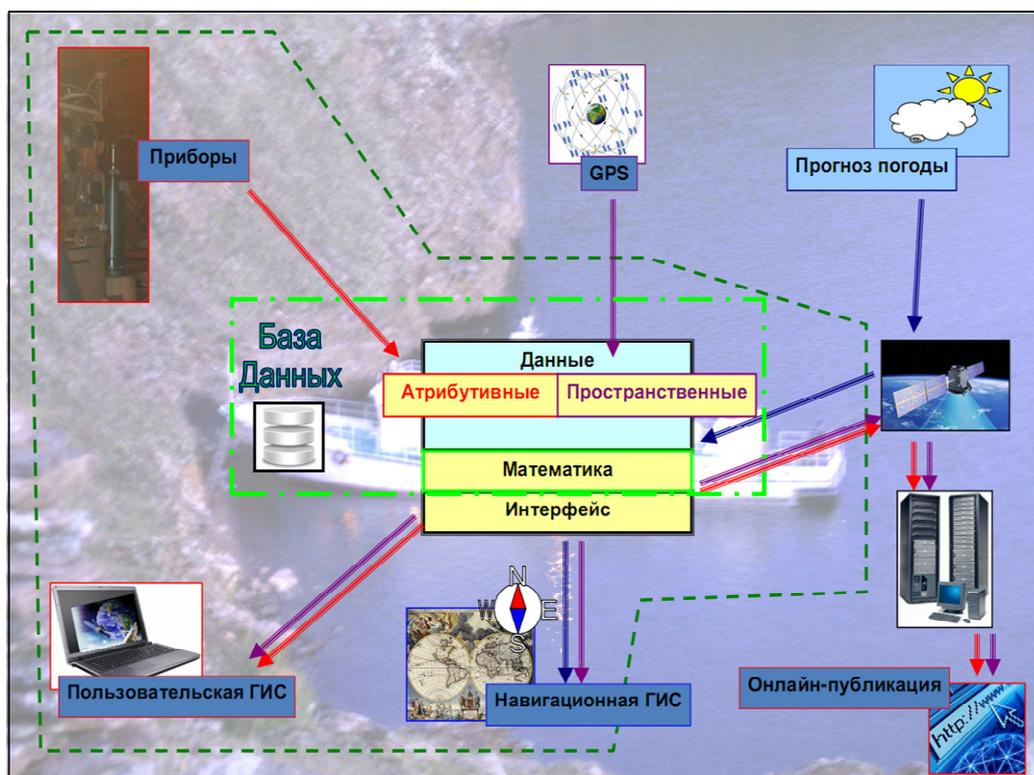
- встроенный картографический сервер, обеспечивающий работу навигационной системы и производящий отрисовку классифицированных данных мониторинга;

- адаптация к неблагоприятным внешним условиям входящей в состав комплекса вычислительной технике;

- организация спутникового либо GPRS – канала для передачи данных с корабля на внешний сервер во время рейса;

- внешний картографический сервер, осуществляющий автоматическую классификацию поступающих данных и их представление в сети Интернет.

Упрощенная физическая модель системы выглядит следующим образом:



В связи со специфичностью задач ставка была сделана на открытые программные продукты и данные. Система основана на стандартах Open GIS consortium, поддерживаемых и разрабатываемых такими крупными компаниями как Boeing, Oracle, ESRI, MapInfo, Intergraph, Google. В основе ГИС лежит связка PostgreSQL/PostGIS, для визуализации пространственных данных используется Geoserver.

В настоящее время работа по созданию ГИС окончательно не завершена, но уже внедренные компоненты позволили повысить надежность системы и оперативность обработки данных. Так, до сезона 2010 года данные обрабатывались раз в год - по окончании сезона навигации, в настоящее время возможно получение готовых результатов уже на следующий день после возвращения из каждого рейса.

Кроме того, накопленная за 2008-2010 годы база данных концентраций химических элементов в оз. Байкал не только служит для документирования текущего состояния природной среды и выявления аномалий, но также дополняет имеющуюся информацию о гидрохимии вод озера и, соответственно, имеет научную ценность.

Опыт работы с создаваемой ГИС позволяет сделать вывод о состоятельности современных геоинформационных систем как необходимого и достаточного инструмента решения задач в геонауках. Аналогичные ГИС корабельного базирования могут быть применены для решения научных и хозяйственных задач и на других водных объектах.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. О разработке плана мероприятий по совершенствованию государственной системы мониторинга уникальной экосистемы озера Байкал, о разработке порядка проведения государственного экологического мониторинга уникальной экосистемы озера Байкал. Информационно-аналитические материалы к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал //Иркутск, 2008

[2]. Ющук В.А., Иванюта С.А., Соснина И.Г., Минаева Т.В. Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием каскада ангарских водохранилищ и озера Байкал за 2008-2009 гг.//Иркутск: ФГУ «Востсибрегионводхоз – 2009

[3]. Федеральный закон "Об охране озера Байкал" (№ 94-ФЗ от 01.05.1999).