

INTEGRATED GEOINFORMATION MONITORING SYSTEM FOR THE CONDITION OF INTRACONTINENTAL WATER OBJECTS

Alexander A. Dontsov¹, Igor A. Sutorikhin^{1,2}, Andrei A. Kolomeichev¹

⁽¹⁾ Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

⁽²⁾ Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk, Russia

The description of the modular specialized geographic information system (GIS) monitoring of inland reservoirs is presented. The information basis of the GIS is the data of remote sensing of the Earth, as well as data of ground-based measuring systems and expeditionary works. The GIS architecture, the main modules and components are shown. The results of using this system in the task of comparing the forwarding data for measuring the concentration of chlorophyll “a” in the surface layer of water bodies are presented.

Keywords: Remote sensing, GIS, reservoir, lake, satellite data, Django, MapServer, Postgresql, Postgis.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Донцов А. А.⁽¹⁾, Суторихин И. А.⁽¹⁾⁽²⁾, Коломейцев А. А.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

⁽²⁾ Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск

Представлено описание модульной специализированной геоинформационной системы (ГИС) мониторинга внутриконтинентальных водоёмов. Информационной основой ГИС являются данные дистанционного зондирования Земли, а также данные наземных измерительных комплексов и экспедиционных работ. Показана архитектура ГИС, основные модули и компоненты. Приводятся результаты использования этой системы в задаче сопоставления экспедиционных данных измерения концентрации хлорофилла «а» в поверхностном слое водоемов.

Ключевые слова: Дистанционное зондирование, ГИС, водохранилище, озеро, спутниковые данные, Django, MapServer, Postgresql, Postgis.

Введение. Мониторинг параметров озер и водохранилищ является важной и актуальной задачей природопользования. Проблема сохранения водных ресурсов и повышения качества воды возрастает с каждым годом. Вместе с тем, увеличивается и число задач управления водными ресурсами. Эффективное управление в этой области требует учета и анализа большого числа факторов, а также доступности результатов анализа широкому кругу заинтересованных организаций и лиц, начиная с государственных структур и заканчивая общественными организациями. В последние десятилетия под влиянием глобальных и региональных изменений в экологической системе и воздействия антропогенных факторов на территории Российской Федерации наблюдаются значительные изменения состояния гидрологических и гидробиологических параметров внутриконтинентальных водных объектов [1]. В связи с этим, разрабатываются различные системы и подходы мониторинга, как правило, они предназначены для относительно больших водных объектов, таких как озеро Байкал [2, 3]. На малых озерах практически отсутствует наземная система измерительных приборов, в связи с этим основным источником информации об их состоянии являются данные дистанционного зондирования Земли из космоса и результаты экспедиционных исследований. Однако современный уровень изучения водных объектов предполагает проведение регулярных систематических измерений, что затруднительно в плане проведения экспедиционных работ, величин, характеризующих состояние водных объектов так и метеорологических параметров, приводящих к изменению этих состояний. Изучение состояния водных объектов типа озер и водохранилищ трудно представить без хорошо структурированной базы данных площадных, гидрологических и гидрохимических параметров [1, 4, 5].

Целью работы является представление результатов разработки геоинформационной веб-системы регистрации гидрологических и гидробиологических параметров озер и водохранилищ, разрабатываемой в Институте водных и экологических проблем СО РАН. Основной особенностью данной ГИС является то, что позволяет использовать при решении гидрологических и гидробиологических задач спутниковые снимки, данные наземных измерительных комплексов и результаты экспедиционных измерений. Такой подход

обеспечивает возможность предоставления разноплановой информации о состоянии водных объектов пользователям ГИС.

Описание ГИС. Компоненты ГИС объединяет между собой веб-платформа Django, которая позволяет реализовывать модульные приложения на языке программирования Python. Для работы с системой был разработан веб-интерфейс, WMS/WPS-интерфейс и RESTfull web-api для интеграции с наземными измерительными комплексами. На рисунке 1 показана общая схема работы ГИС, которая взаимодействует с удаленными источниками данных посредством HTTP запросов с целью получения данных о выбранном водном объекте. Главным потребителем результатов работы выступает пользователь, на основе запросов которого осуществляется поиск, обработка и отображение результатов вычислений. Исходя из этого, ГИС содержит ряд сервисов: «Каталог данных», «Сервис обработки данных» и «Средства экспорта и визуализации данных».

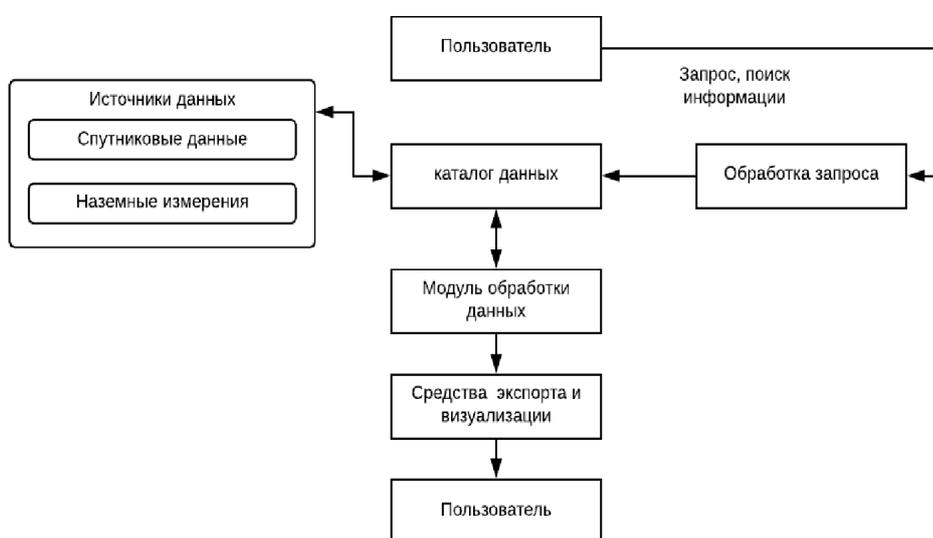


Рис. 1. Общая модель работы ГИС.

Пользователь посредством веб-интерфейса формирует запрос на получение данных по выбранному водному объекту, модуль ГИС проверяет, есть ли запрашиваемая информация в каталоге ГИС, если её нет, то в случае со спутниковыми снимками формируется запрос к архивам ДЗЗ, информация наземных измерительных комплексов поступает в каталог через программный интерфейс или загружается администратором. После поступления в каталог данных происходит их обработка и представление в виде web-карты или таблиц. Более подробно архитектура и компоненты ГИС показаны в наших предыдущих работах [3]. ГИС можно разделить на два блока – это работа со спутниковыми данными и работа с данными наземных измерительных комплексов и натурных наблюдений. Интеграцию с наземными измерительными комплексами обеспечивает RESTfull web-api, который основывается на расширении Django REST framework (DRF). Данные API передаются в формате JSON и после валидации при помощи функционала Django-форм записываются в базу данных ГИС. Результаты экспедиционных работ также могут быть добавлены в ГИС посредством API или веб-интерфейса с формой добавления и импорта данных [6].

Одним из основных компонентов ГИС является каталог данных, который реализован в виде базы данных под управление СУБД PostgreSQL. Главным критерием создания каталога

является специфика хранимых данных, которые имеют географическую привязку, и результаты обработки спутниковых снимков записываются в каталог в виде векторных полигонов, результаты наземных измерений выражены в виде точек. Согласно специфике и организации поступления данных в каталог предложена следующая схема его реализации. *Сбор данных* для хранилища данных водной тематики представляет собой низовой уровень аккумуляции в одном месте «сырой» информации. В качестве источников информации выступают традиционные карты разных масштабов, ДДЗ, данные мониторинга и натуральных наблюдений. *Обработка* предполагает согласование данных для обеспечения их целостности и непротиворечивости, т.е. приведение к единому формату представления, системе координат и т.п. В данном случае, при создании каталога главным требованием для загрузки цифровых карт и ДДЗ являлось наличие единой проекции. Поэтому на этом этапе осуществляется перевод материалов в цифровую форму (векторизация карт, обработка ДДЗ и т.п.), привязка их к конкретной системе координат. В итоге формируются базы данных векторных материалов и ДДЗ, а также базы атрибутивных данных.



Рисунок 2. Этапы создания каталога пространственных данных.

На этапе *загрузки в систему* подготовленных пространственных данных происходит отслеживание повторяемости материалов, связка таблиц данных по первичным и вторичным ключам. Работа с пространственными объектами в базе данных ГИС основывается на расширении PostGIS. PostGIS позволяет хранить различные типы пространственных данных и выполнять к ним SQL запросы. Взаимодействие базы данных с другими компонентами системы осуществляется через ORM (Object-Relational Mapping, объектно-реляционное отображение). Визуализация данных осуществляется утилитой MapServer который выступает в роли WMS-сервиса. Помимо визуализации присутствует функция экспорта файлов в виде векторных полигонов Shape формата. На рисунке 3 показана схема операций обработки данных и ГИС.

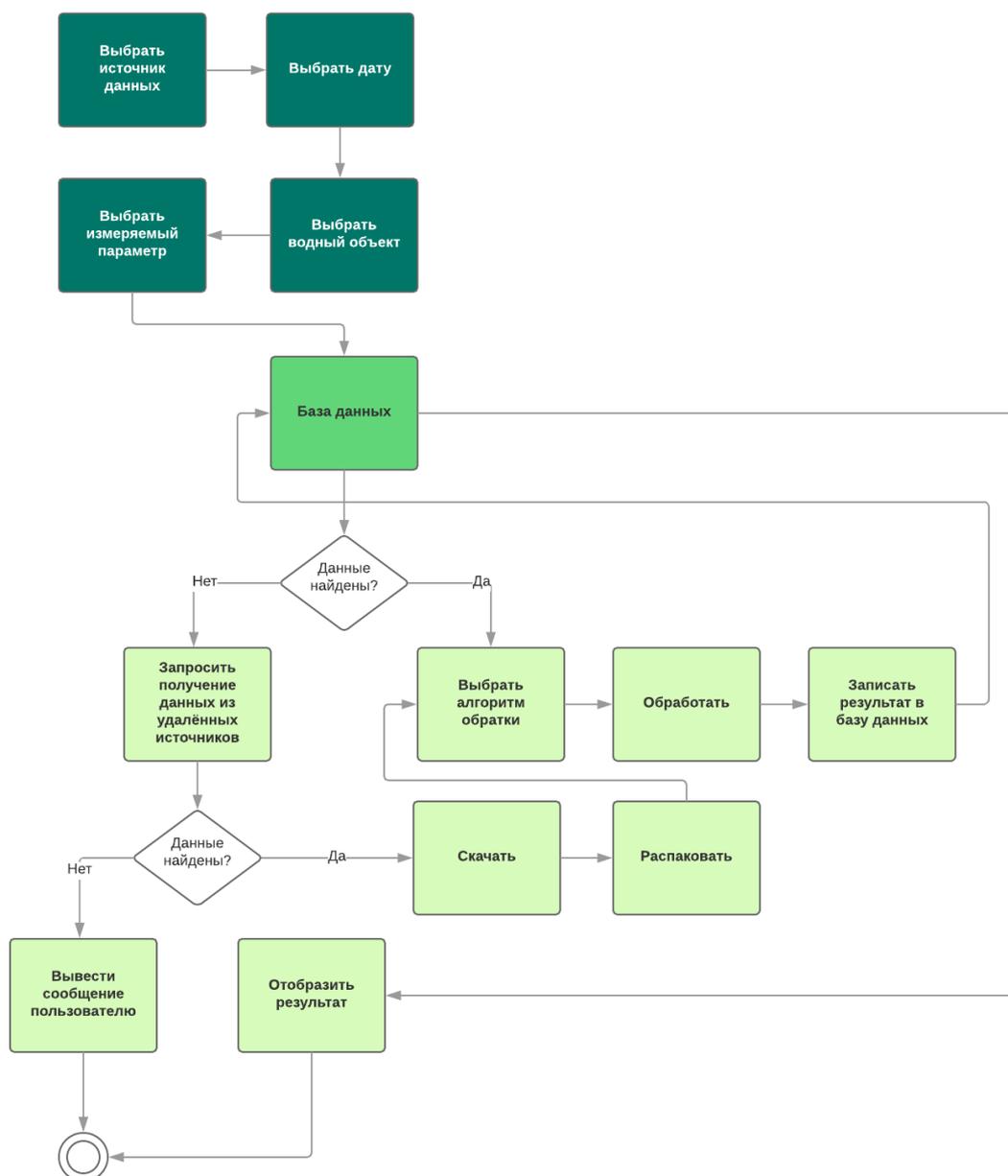


Рисунок 3. Последовательность операций обработки гидрологических данных в информационной системе.

Оценка содержания хлорофилла «а» в поверхностном слое водоемов. В целом процедуру обработки спутниковых данных для решения рассматриваемой задачи можно разделить на следующие этапы:

1. Атмосферная коррекция;
2. Вычисление спектрального индекса NDCI;
3. Вычисление концентрации содержания хлорофилла «а» в поверхностном слое;
4. Географическая привязка и экспорт, полученных результатов в формат Geotiff.

Для реализации указанных этапов был использован вычислительный пакет ACOLITE, предназначенный для обработки данных Landsat (5/7/8) и Sentinel-2 (A/B). ACOLITE позволяет производить атмосферную коррекцию по алгоритму «Dark spectrum fitting» и содержит набор алгоритмов для определения концентрации хлорофилла «а» в

поверхностном слое внутриконтинентальных водных объектов [7]. Посредством программных интерфейсов вычислительный комплекс может работать в виде набора библиотек алгоритмов. На основе этого был разработан независимый модуль геоинформационной системы мониторинга параметров внутриконтинентальных водных объектов. Его работу можно разделить на следующие этапы. Вычисление спектрального индекса NDCI (Normalized Difference Chlorophyll Index), который учитывает различия в отражении в инфракрасной и зеленой областях электромагнитного спектра. Индекс NDCI позволяет с относительно небольшими временными и вычислительными ресурсами оценить состояние поверхностного слоя водоемов, данная процедура проста в технологической, программной реализации. Для вычисления концентрации хлорофилла бы использован модуль chl_o2, реализующий алгоритм отношения синего и зелёного спектральных каналов [7]. В таблицах 1 и 2 показаны данные для озера Красиловского и озера Иткуль (Алтайский край).

Таблица 1. Концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое озера Иткуль по экспедиционным и спутниковым данным.

| Дата | Экспедиционные измерения ($\frac{mg}{m^3}$) | Дата | Sentinel-2 ($\frac{mg}{m^3}$) |
|------------|---|------------|---------------------------------|
| 10.05.2018 | 1,8 | 11.05.2018 | 2.4 |
| 02.08.2018 | 6,1 | 03.08.2018 | 6.7 |
| 12.10.2018 | 7,1 | 12.10.2018 | 8.2 |

Таблица 2. Концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое озера Красиловское по экспедиционным и спутниковым данным.

| Дата | Экспедиционные измерения ($\frac{mg}{m^3}$) | Дата | Sentinel-2 ($\frac{mg}{m^3}$) |
|------------|---|------------|---------------------------------|
| 11.05.2018 | 3,0 | 11.05.2018 | 2.8 |
| 02.08.2018 | 10,0 | 03.08.2018 | 10,5 |
| 12.10.2018 | 35,9 | 12.10.2018 | 37,0 |

В таблицах 1 и 2 показаны средние значения измерений по области водоемов, где были произведены измерения. Некоторая расхожимость между данными спутниковых измерений и экспедиционными может быть обусловлена спецификой водных объектов. Необходимо отметить, что точность оценки концентрации хлорофилла «а» в поверхностном слое зависит от атмосферных процессов в момент измерений, алгоритмов обработки данных и времени суток, в которое были произведены спутниковые измерения [8].

Заключение. Предложенная геоинформационная система позволяет производить регулярный мониторинг параметров внутриконтинентальных водных объектов по данным спутниковой съемки, систем наземного мониторинга и результатов экспедиционных работ. Указанная ГИС может быть использована для решения широкого спектра прикладных и фундаментальных задач гидрологии внутриконтинентальных водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Решение VII Всероссийского гидрологического съезда от 13.01.2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteorf.ru/press/news/6572/> (дата обращения 10.06.2019).
- [2]. И. В. Бычков, С. Н. Васильев, В. А. Кузьмин, Г. В. Ступин. Проект интегрированной геоинформационной системы ИНЦ СО РАН для поддержки фундаментальных исследований // Вычислительные технологии. 1998. Т. 3, №5. С 11-17.
- [3]. А.Н. Бешенцев, А.К. Тулохонов, И.В. Бычков, Г.М. Ружников, А.Р. Батуев. Создание геоинформационных ресурсов для междисциплинарных исследований дельтовых территорий побережья озера Байкал // *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС»*. 2013. 19(1), С. 15-18.
- [4]. Сухоруков Б.Л., Ковалева Т.Е., Новиков И.В. Оценка трофности водных объектов по данным дистанционной спектроскопии высокого разрешения видимого диапазона // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. №1. С. 79–90.
- [5]. Boronina L., Sadchikov P., Tazhieva S. et al. Effectiveness of the automation selection of water treatment technology in a particular water source // *Advanced Materials Research*. 2014. Vols. 1073-1076. Pp. 1039-1042.
- [6]. Донцов А.А., Суторихин И.А. Специализированная геоинформационная система автоматизированного мониторинга рек и водоемов // *Вычислительные технологии*. 2017. Т. 22, №5. С. 39-46.
- [7]. ACOLITE [Electronic resource]. — URL: <http://www.odnature.naturalsciences.be>
- [8]. Левин И. М., Копелевич О. В. Корреляционные соотношения между первичными гидрооптическими характеристиками в спектральном диапазоне около 550 нм. // *Океанология*. 2007.Т. 47. № 3. С. 374-379.