

**Application of multisets for solving the practical problems**

*Galina Maltugueva, Programmer*

*Alexander Yurin, PhD, Head of laboratory*

*The paper describes the methods for solving the problem of group multi-criteria decision-making that allow to process different forms of individual preferences and based on the use of multisets. Examples of solving practical problems by using the methods are described.*

*Keywords – multisets, group multi-criteria decision-making, decision-making.*

УДК 004.4, 912.4

**РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ ГИС  
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОПОРТАЛА**

*Александра Константиновна Матузко, аспирант*

*Тел.: 8 923 284 7994, e-mail: akmatuzko@icm.krasn.ru,*

*Олег Эдуардович Якубайлик, к.ф.-м.н., доцент, старший научный сотрудник*

*Тел.: 8 902 990 6432, e-mail: oleg@icm.krasn.ru*

*Институт вычислительного моделирования СО РАН*

*http://icm.krasn.ru*

*Рассматривается программно-технологическое обеспечение для разработки прикладных веб-систем, ориентированных на обработку и представление пространственных данных. Предлагаемое решение представляет собой специализированную систему управления контентом веб-сайта, которая учитывает специфику геоинформационных веб-приложений.*

*Ключевые слова: веб-ГИС, Интернет-ГИС, веб-картография, геопортал, пространственные данные, система управления веб-контентом, картографические сервисы, каталог пространственных метаданных, WMS-сервис.*

На сегодняшний день существует необходимость решения различных задач при помощи геоинформационных технологий. Важным источником для формирования информационных ресурсов служат электронные документы (статистические, информационно-аналитические и финансовые отчёты, нормативно-правовые документы и т.д.), содержащие табличные данные – результат обработки информации, представленной



**А.К. Матузко**

изначально в базах тематических или пространственных данных. Особое внимание уделяется организации доступа к пространственным данным. Пространственные данные – это цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. В последнее время пространственные данные получили ши-



**О.Э. Якубайлик**

рокое распространение через сеть Интернет. При этом доступ к пространственным данным в Интернете не требует специального программного обеспечения и особых навыков работы с компьютером.

Применение геоинформационных систем становится шире и разнообразнее. Расширяются сферы применения ГИС, меняются подходы и концепции, лежащие в основе

технологии, становятся более доступными и качественными пространственные данные, карты, сопутствующая информация.

Геоинформационные системы являются полноценным помощником в решении большого числа задач в различных областях, таких как картография, геология, метеорология, землеустройство, экология, муниципальное управление, транспорт, экономика, оборона и другие области. Решение многих задач упрощается при использовании картографического материала.

Большинство прикладных геоинформационных систем предназначены не для домашнего использования, а для работы в крупных организациях и учреждениях, коллективу которых необходимо оперативно обрабатывать большие объемы пространственной информации. В такой ситуации инструментальная ГИС должна обеспечивать возможность работы с одним набором геоинформационных данных нескольким пользователям в пределах локальной компьютерной сети. Задачу осложняет тот факт, что необходимо производить не только просмотр информации, но и совместное – часто одновременное – внесение изменений в пространственные данные. При совместной работе в сети приходится искать решение следующих проблем:

- 1) внесение изменений в базу данных со стороны нескольких клиентов может привести к нарушению целостности базы данных;
- 2) для приведения в актуальное состояние информации, размещенной в оперативной памяти клиентской программы, необходимо предусмотреть систему оповещения клиентов об изменениях, вносимых в общие данные со стороны одного из клиентов;
- 3) необходимо вводить блокировку одновременного изменения одного объекта со стороны нескольких клиентов;
- 4) создание новых объектов требует генерации уникальных идентификаторов независимо от того, какой клиент инициировал создание объекта.

Необходим инструмент, позволяющий использовать картографический материал не только ГИС-специалистам, но и специалистам из других областей. Таким инструментом на сегодняшний день становятся геопорталы, являющиеся перспективным сочетанием геоинформационных и веб-технологий. **Они представляют собой** электронные географические ресурсы, размещаемые в локальной сети или в сети Интернет. Главная цель создания геопортала – предоставление доступа к актуальным пространственным данным всем заинтересованным лицам [1].

Согласно общепринятому определению геопортал – это единая точка доступа к геопространственной информации. Геопортал обеспечивает поиск, просмотр, загрузку метаданных, а также скачивание и публикацию пространственных данных и веб-сервисов в соответствии с правами доступа и видом лицензии на использование материалов.

Можно рассматривать геопортал, как специализированное программное обеспечение ГИС, которое предназначается для решения прикладных задач [2].

### **Системная архитектура прикладной геоинформационной веб-системы**

Современные программно-технологические решения в области ГИС все чаще используют сервис-ориентированную архитектуру (SOA – service-oriented architecture), и в этом смысле они становятся похожими на корпоративные информационные системы. SOA – это парадигма проектирования и разработки приложений как набора взаимосвязанных сервисов в вычислительной среде, модульный подход к разработке программного обеспечения, основанный на использовании распределенных слабо связанных заменяемых компонентов, оснащенных интерфейсами для взаимодействия по стандартизированным протоколам.

Концепция SOA нашла отражение в картографических веб-сервисах Консорциума OGC (Open Geospatial Consortium), которые являются технологической основой современных геопространственных приложений, обеспечивают эффективную взаимосвязь между клиентскими приложениями и распределенными в сети Интернет простран-

ственными данными. Хорошей иллюстрацией этого подхода является использование картографических и спутниковых данных Google (а также Яндекс, и проч.) как составной части приложений различного назначения – с оперативными данными по пробкам на дорогах и движению автобусов, в приложениях социальных сетей с функциями геопозиционирования и проч. [3]

Можно выделить несколько основных принципов сервис-ориентированной информационной системы:

- Система строится на основе набора сервисов – независимых компонентов с опубликованными стандартизированными интерфейсами. Внутренняя реализация сервисов может быть выполнена на любом языке программирования, платформе, операционной системе. Сервисы взаимодействуют между собой и вспомогательными службами посредством открытых стандартов.

- Каждый сервис информационной системы реализует отдельную функцию, которая является логически обособленной, повторяющейся задачей.

- Сервисы могут быть реализованы вне зависимости от других элементов системы, необходимо только знание интерфейсов других сервисов.

Применение на практике основных принципов SOA повышает эффективность процесса разработки и внедрения приложений, обеспечивает повышение производительности и сокращение времени реализации, более быструю и менее дорогую интеграцию приложений.

Большинство современных геоинформационных систем корпоративного уровня разрабатываются на основе рассматриваемого подхода – концепции SOA. При этом одна часть функций – задачи визуализации карты и формирования запросов к пространственным данным – обеспечивается веб-приложениями (веб-ГИС), а другая – традиционными средствами для Windows/Unix, например, сбор, хранение и предварительная обработка геопространственных данных. Веб-ГИС – это геоинформационная система в сети Интернет/Интранет, в которой могут быть реализованы практически любые функции, доступные в настольной ГИС – навигация по карте, редактирование данных, пространственный анализ, поиск, геокодирование. Для работы в веб-ГИС пользователю не требуется специализированное программное обеспечение или квалификация ГИС-специалиста, достаточно наличие веб-браузера.

Сервис-ориентированная архитектура геопространственного веб-приложения основана на модели клиент-сервер, в которой клиентское приложение (интерфейс веб-сайта) предоставляет пользователю доступ к геоданным, которые, в свою очередь, размещены на одном или нескольких серверах пространственных данных. Интерфейс пользователя может предусматривать доступ к различным представлениям данных, для реализации которых может потребоваться создание отдельных самостоятельных сервисов приложения [4].

Будем рассматривать технологии картографических веб-сервисов как системообразующий элемент программного обеспечения прикладной ГИС на основе технологий геопортала. Анализ возможностей существующих программных систем и тенденций в развитии технологий в рассматриваемой предметной области позволил выделить несколько актуальных задач и направлений в разработке программно-технологического обеспечения, решение которых может заметно повысить эффективность выполняемых работ по созданию прикладных региональных геоинформационных систем, обеспечить тиражируемость отдельных компонент между различными системами. Было выделено четыре основных блока:

- подсистема ведения архива базовых геопространственных данных;
- система прикладных программных (картографических) веб-сервисов;
- подсистема управления пространственными метаданными;
- веб-портал.

Автоматизация решения этих задач позволяет заметно сократить время разработки систем для конечных пользователей.

### **Программные инструменты геопортала для создания веб-ГИС**

В Институте вычислительного моделирования СО РАН на протяжении нескольких последних лет ведутся исследования, посвященные проектированию и разработке математического и информационно-вычислительного обеспечения для распределенных геоинформационных аналитических систем на основе веб-технологий. Результатом этих работ стал комплекс программно-технологических решений для построения прикладных геоинформационных веб-систем (геопорталов) – система управления пространственными данными и связанный с ней программный инструментарий [5; 6].

В состав разработанного программно-технологического обеспечения входит набор инструментальных библиотек и компонентов, прикладных веб-сервисов, картографических интерфейсов, веб-приложение для навигации по пространственным метаданным, веб-система управления данными, подсистема картографической веб-визуализации, и проч. [7]

В настоящей статье мы ограничимся рассмотрением структуры и функций библиотеки интеграции веб-приложений – одного из созданных программных инструментов, отметим некоторые особенности ее реализации. Пользователями библиотеки являются программисты, которые занимаются разработкой прикладных веб-систем для конечных пользователей.

Центральным звеном системы управления пространственными данными с точки зрения доступа пользователей к ее функциональным модулям является геопортал, представляющий собой веб-сайт (Интернет-портал). Функциональные модули – это различные веб-сервисы и веб-приложения, предоставляющие средства для работы с пространственными данными, зарегистрированными в каталоге ресурсов системы. Поскольку архитектура системы управления была разработана с расчетом на гибкое расширение функциональных возможностей, в состав системы могут быть внедрены совершенно различные функциональные модули, которые могут быть разработаны с применением самых разнообразных систем и средств [8; 9; 10; 11].

Разработанная библиотека интеграции веб-приложений предоставляет разработчикам набор средств для объединения логики разработанных приложений с предоставляемыми системой функциями аутентификации, авторизации, работы с каталогом ресурсов и т.д. Кроме того, библиотека предоставляет средства визуального оформления некоторых элементов пользовательского интерфейса. Рассмотрим состав и основные функции этой библиотеки.

### **Общие настройки компонентов системы**

В число общих настроек входят: корневой URL системы, заголовок (название) системы, данные гостевой учётной записи, адрес страницы входа в систему, адрес доступа к сервису каталога ресурсов.

### **Компоненты пользовательского интерфейса**

Библиотека обеспечивает пользователей средствами базовой навигации по основным разделам геопортала. В текущей версии подобные компоненты интерфейса представляют собой набор из двух горизонтальных блоков, расположенных в верхней («шапка») и нижней части («подвал») веб-страницы приложения.

Верхний блок содержит следующие компоненты: логотип (заголовок) текущей реализации системы, являющийся ссылкой на главную страницу, многоуровневое главное меню по основным разделам системы, область для частных элементов интерфейса, которую могут использовать разработчики веб-приложений, кнопку входа в систему или имя пользователя, под которым осуществлён вход, и кнопку выхода.

Блок, расположенный в нижней части страницы, традиционно содержит полное название системы, информацию об авторских правах, ссылки на сайты разработчиков, описание проекта, и т.д.

### Средства аутентификации и авторизации пользователей

Для осуществления аутентификации и авторизации пользователей был создан набор средств, включающих в себя:

- Класс GPRAuth, предоставляющий основные функции входа в систему, проверки прав доступа и т.д.;
- Класс GPSCookie, предназначенный для осуществления работы с файлами Cookie;
- Страница входа в систему, на которую перенаправляются пользователи, желающие осуществить первичный вход в систему в текущем сеансе.

Постоянная информация, которую содержат Cookie-файлы, содержит помимо всего прочего данные о текущей версии структуры Cookie. Данное решение сделано для поддержки дальнейших возможных изменений формата хранимых данных.

Для осуществления безопасной работы и пресечения попыток взлома системы все данные, хранимые в Cookie-файлах, подвергаются шифрованию. В текущей версии библиотеки используется криптографический алгоритм blowfish, реализующий блочное симметричное шифрование. При желании данный метод можно изменить на любой другой, поддерживаемый расширением PHP mcrypt.

Страница входа в систему состоит из одного раздела, содержащего форму из двух текстовых полей для ввода логина и пароля пользователя, и кнопки «Войти», осуществляющей отправку данных. В случае неудачного ввода данных страница выдает сообщения об ошибке.

### Примеры реализации

Рассмотрим несколько прикладных геоинформационных веб-систем, разработка которых была выполнена с использованием программно-технологического обеспечения геопортала ИВМ СО РАН.

В разделе геопортала, посвященном исследованию водных экосистем в ИВМ СО РАН, представлены результаты анализа особенностей пространственного распределения байкальских амфипод в р. Енисей, полученные в результате использования методов геоинформационного моделирования. Здесь доступен сформированный набор картографических данных, обобщающий многолетние экспедиционные исследования. В качестве статистических данных представлены диаграммы «Численность и биомасса амфипод по видам», «Численность и биомасса амфипод по левому и правому берегу», «Распределение численности и биомассы амфипод по глубине», «Распределение численности и биомассы амфипод по типу грунта», «Количество амфипод в зависимости от наличия высшей водной растительности». Диаграммы и общая информация по исследованию представлены на геопортале как веб-страница (рис. 1).

Стандартный веб-браузер обеспечивает возможность интерактивной навигации по картографическому изображению с изменением масштаба, построение запросов по объектам карты щелчком мыши, управление видимостью слоев карты в легенде, выбор картографической основы (подложки) – карты различных поставщиков, мозаики спутниковых снимков, цифровой рельеф, и проч.

Другим успешным примером внедрения разработанных технологий геопортала стала реализация программного обеспечения ведомственной геоинформационной аналитической веб-системы «Карта здравоохранения Красноярского края» министерства здравоохранения Красноярского края. Она связана с централизованным хранилищем медицинских данных министерства, получает из него агрегированные сведения по му-

ниципальным образованиям и медицинским учреждениям; краевой геопортал обеспечивает актуализацию топоосновы (рис. 2).

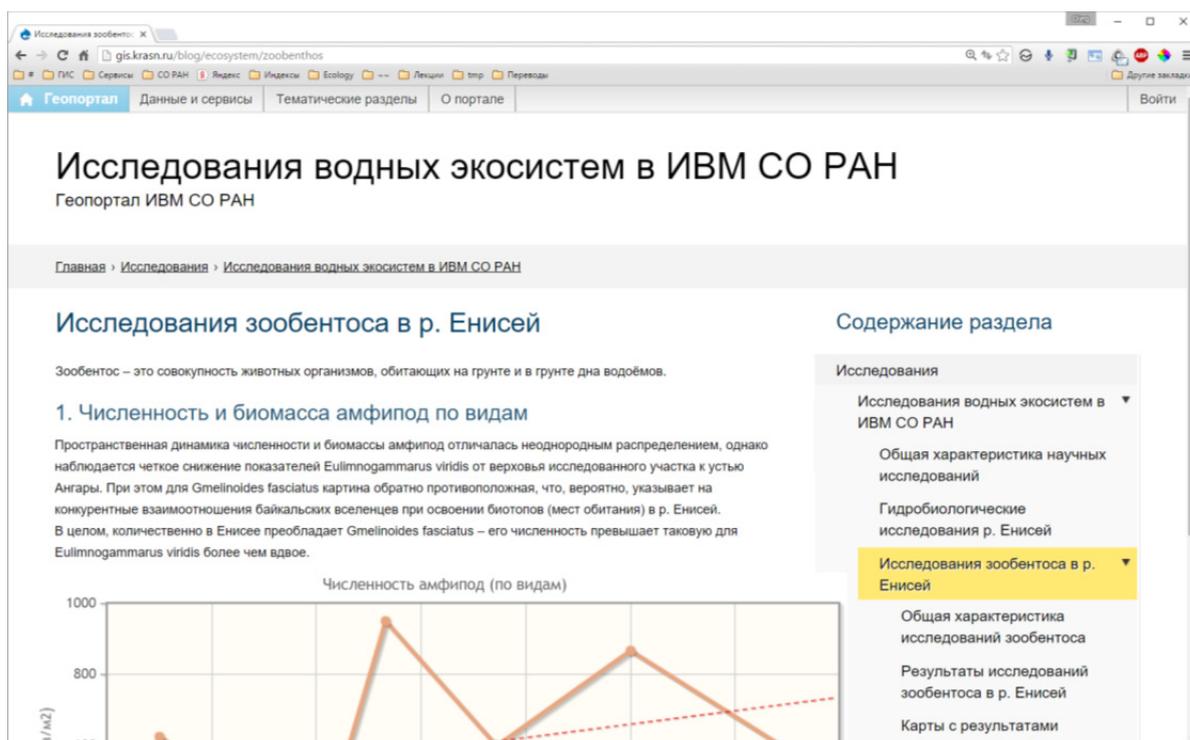


Рис. 1. Тематический раздел по водным экосистемам ИВМ СО РАН

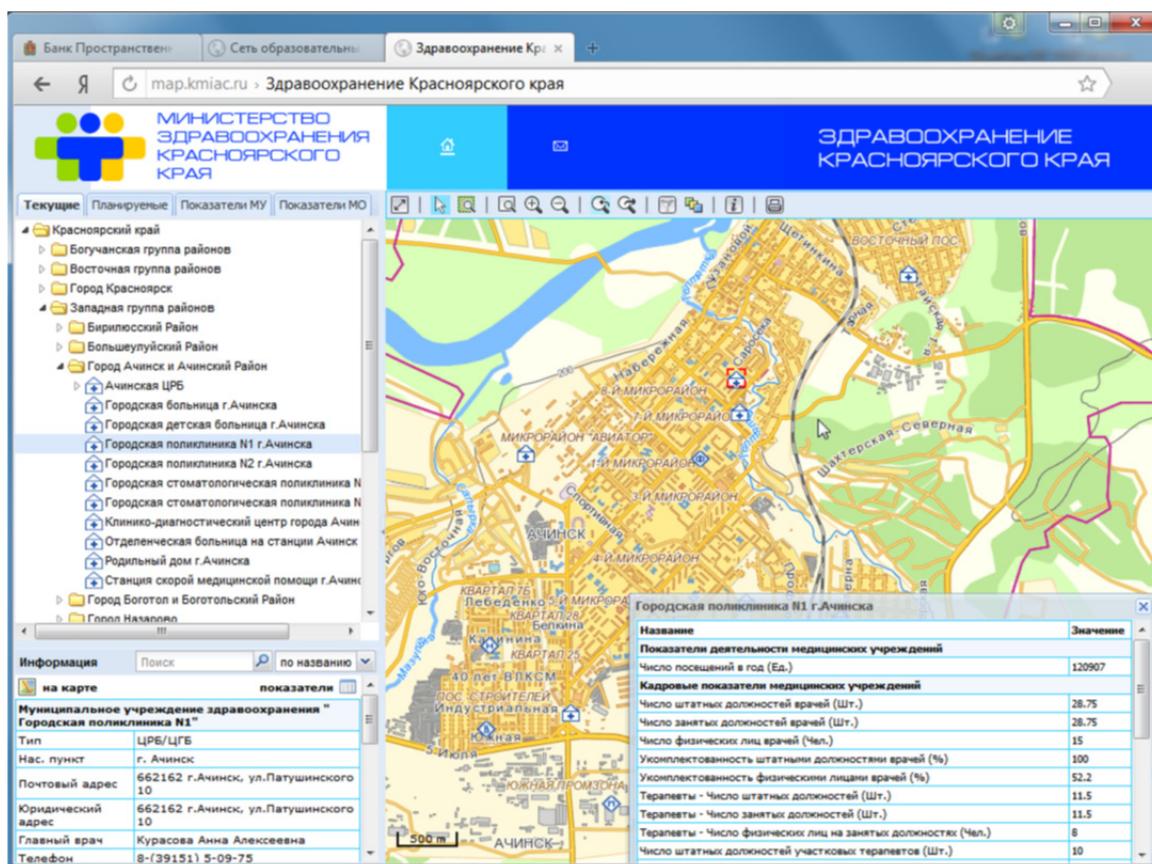


Рис. 2. Геоинформационная веб-система «Карта здравоохранения Красноярского края»

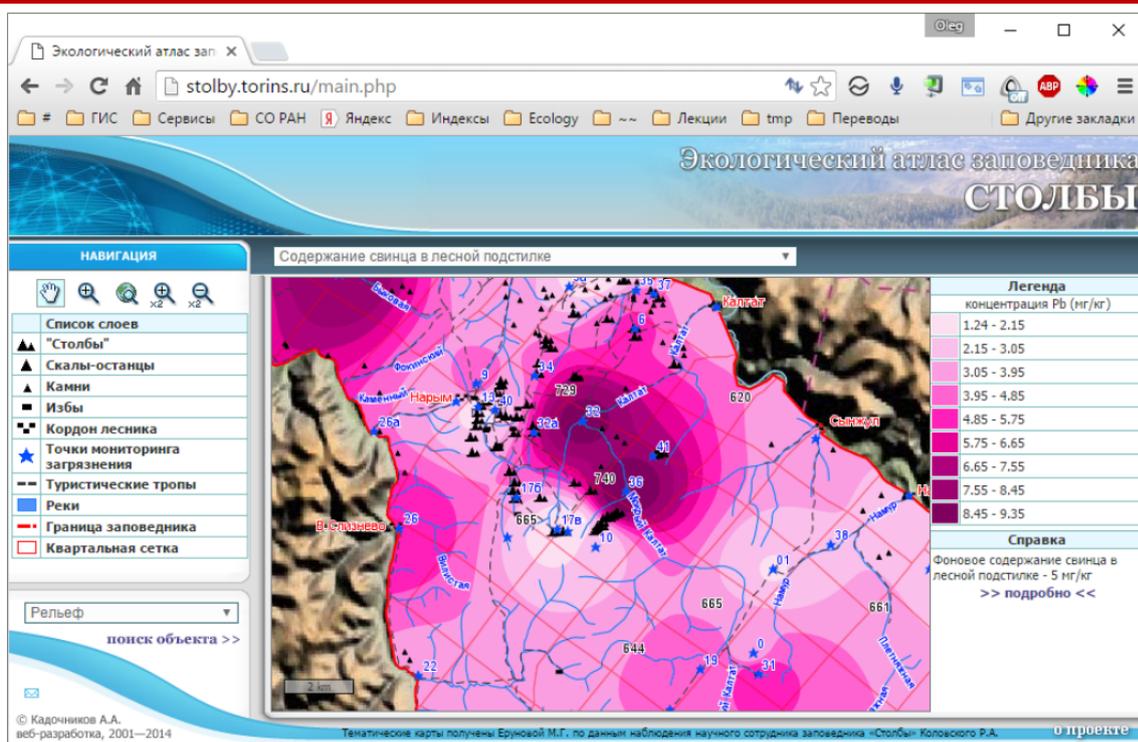


Рис. 3. Карта загрязнения территории в «Экологическом атласе заповедника Столбы»

Еще один пример – веб-ГИС «Экологический атлас заповедника «Столбы». На основе ресурсов и сервисов геопортала создан автономный тематический веб-сайт с развитыми средствами интерактивной веб-картографии. Пользователям предоставлена возможность просмотра результатов научных исследований загрязнения территории заповедника, поиска и визуализации объектов (скалы, рек и ручьев) на его территории (рис. 3).

### Заключение

Авторы считают, что в данной работе продемонстрирована эффективность геопорталов для решения прикладных задач в различных областях с применением геоинформационных технологий. Эти технологии особенно эффективны для таких исследований как экологический мониторинг с применением данных дистанционного зондирования.

### Литература

1. Кадочников А.А., Попов В.Г., Токарев А.А., Якубайлик О.Э. Формирование геоинформационного Интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2008. Т. 1. № 4. С. 377-386.
2. Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Попов В.Г., Токарев А.В. Модель геоинформационной аналитической Интернет-системы для анализа состояния и презентации региона // Вестник СибГАУ. 2009. № 4. С. 61-66.
3. Кадочников А.А., Якубайлик О.Э. Разработка программных средств сбора и визуализации данных наблюдений для геопортала Института вычислительного моделирования СО РАН // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12. № 4. С. 23-31.
4. Якубайлик О.Э. Проблемы формирования информационно-вычислительного обеспечения систем экологического мониторинга // Вестник СибГАУ. 2012. Вып. 3(43). С. 96-102.
5. Якубайлик О.Э., Гостева А.А., Ерунова М.Г., Кадочников А.А., Матвеев А.Г., Пятаев А.С., Токарев А.В. Разработка средств информационной поддержки наблюдений за состоянием окружающей природной среды // Вестник КемГУ. 2012. № 4/2(52). С. 136-142.
6. Yakubailik O., Kadochnikov A., Tokarev A. Applied software tools and services for rapid Web GIS development. // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, June 18-24, Bulgaria 2015. Book 2, V. 1. P. 487-494.
7. Yakubailik O.E. Web mapping applications and geo-portals as the basis of modern software and technological support for environmental monitoring tasks. ENVIRONMIS-2014: International Conference on Measurement, Modelling and Information Systems for Environmental Studies, Tomsk, June 28. July 5. 2014. – Tomsk: Publishing House of Tomsk CSTI. 2014. P. 173-176.

8. Токарев А.В., Якубайлик О.Э. Каталог ресурсов для ГИС мониторинга состояния окружающей природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли // Горный информ.-аналит. бюл. 2009. Т. 18. № 12. С. 215-219.

9. Матвеев А.Г., Якубайлик О.Э. Проектирование и разработка программно-технологического обеспечения для геопространственных веб-приложений // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-15. С. 3358-3362.

10. Кадочников А.А., Якубайлик О.Э. Сервис-ориентированные веб-системы для обработки геопространственных данных // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2015. Т. 13. № 1. С. 37-45.

11. Матвеев А.Г., Якубайлик О.Э. Разработка веб-приложения для обработки и представления пространственных метаданных геопортала. // Вестник СибГАУ. 2012. Вып. 2(42). С. 48-54.

## **Development of GIS-applications based on geoportals technologies**

*Alexandra Konstantinovna Matuzko, Post-graduate Student*

*Oleg Eduardovich Yakubailik, PhD, Associate Professor, Senior Researcher*

*This paper discusses software tools and technologies for development of the applied web-based software systems focused on processing and presentation of geospatial data. The proposed solution is a specialized content management system for website, which takes into account the specificity of GIS web applications.*

*Keywords: web GIS, Internet GIS, web mapping, geoportals, spatial data, content management system, CMS, web mapping services, spatial metadata catalog, WMS service.*

УДК 004.6

## **ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА МНОГОМЕРНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВИДЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИЙ НАД OLAP-КУБОМ**

*Анна Михайловна Метус, аспирант*

*Тел: +7 391 290 7453, e-mail: metus@icm.krasn.ru*

*Институт вычислительного моделирования СО РАН*

*www.icm.krasn.ru*

*В работе выполнено формальное описание операций над OLAP-кубом. Представлен пример расчета многомерного аналитического показателя в виде последовательности операций над OLAP-кубом на основе предложенного формального описания для задачи гидрологического мониторинга.*

*Ключевые слова: оперативная аналитическая обработка данных, OLAP-куб, аналитическая операция.*

*Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ № 16-37-00014 и №16-07-01001*

### **Введение**

Технология оперативной аналитической обработки данных (On-line Analytical Processing, OLAP) широко используется для информационно-аналитической поддержки управления во многих сферах человеческой деятельности [1]. Технология OLAP пред-