

# Прикладные проблемы

УДК 551.321

## Инфраструктура пространственных гляциологических данных

© 2014 г. Т.Е. Хромова, А.А. Медведев

Институт географии РАН, Москва  
*tkhromova@gmail.com*

### The spatial glaciological data infrastructure

T.Y. Khromova, A.A. Medvedev

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

*Статья принята к печати 6 октября 2014 г.**Базы данных, геопорталы, гляциологические информационные ресурсы, цифровые карты.  
Data bases, digital maps, geoportals, glaciological informational resources.*

Представлена созданная в Институте географии РАН тематическая инфраструктура пространственных данных в части гляциологических ресурсов. В её основу легли геопортальные решения и интеграционные технологии. Предмет интеграции – информационные ресурсы по гляциологии, хранящиеся в распределённых системах в виде баз данных и метаданных, структурированных и объектных файлов данных, а также электронных атласов. Рассмотрены примеры реализации предложенных подходов: портал «География», портал «МПГ-ИГРАН», электронный атлас «Снег и лёд на Земле», региональные базы данных на территорию Кавказа и Антарктиды.

Thematic infrastructure of spatial data on the glaciological resources that has been developed in the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (IGRAS) is presented in the paper. The infrastructure is based on the geoportals solutions and integration technologies. It includes informational resources of glaciology accumulated in distributed systems in the forms of data and metadata bases, structured and objective data files as well as the digital atlases. Examples of how to realize the approaches proposed in the paper such as the portal «Geography», the portal «IPY-IGRAS», the digital atlas «Snow and Ice on the Earth», and regional data bases for the Caucasus and the Antarctic Continent areas are considered.

### Введение

В настоящее время во всём мире активно ведутся работы по созданию новых механизмов управления информационными ресурсами на базе инфраструктур пространственных данных, включая геопорталы и Веб-сервисы, обеспечивающие интеграцию информационных ресурсов, в том числе по предметным областям [8]. Накопленные объёмы пространственных данных и их динамика ставят задачу создания узлов интеграции информационных ресурсов. Цель интеграции пространственных данных прежде всего предусматривает формирование единого информационного пространства по предметным областям и территориальному охвату [11].

В Институте географии РАН создаётся система управления распределёнными ресурсами на базе геопортала «География» в рамках академической информационной сети, позволяющая решать проблемы интеграции данных как на национальном, так и на международном уровнях. Важная составная часть портала – информационные ресурсы по гляциологии, которые динамично развиваются и требуют новых решений для их расширения и повышения эффективности использования. В статье

рассматриваются возможности применения технологий интеграции к информационным ресурсам по гляциологии, хранящимся в распределённых системах Института географии РАН в виде баз данных и метаданных, структурированных (по определённому формату) файлов данных, объектных файлов данных (простой текст, документы, изображения и др.), электронных атласов.

### Геопортал «География» Института географии РАН

Один из элементов академической инфраструктуры пространственных данных в Институте географии РАН – портал «География» (<http://www.webgeo.ru>). Его начали создавать в рамках программы Президиума РАН «Электронная Земля: научные информационные ресурсы и информационно-коммуникационные технологии, информационное обслуживание, взаимодействие с национальными и международными системами» [14]. Функциональная структура портала ориентирована на реализацию нового технологического решения в науках о Земле – распределённой цифровой геобиблиотеки (*geolibrary*) на Веб-, ГИС- и Грид-технологиях – и на обеспечение информационной поддержки пользователя в составе трёх

взаимосвязанных блоков ресурсов: тематических ресурсов географии; электронных ресурсов (ГИС, базы данных, электронные карты и атласы); информационных ресурсов (метаописания и активные гиперссылки на полнотекстовые публикации статей, справочников, словарей, а также на информацию о географических организациях и географических названиях). Для решения этой задачи в портале обеспечены два основных требования: «дружественность» пользовательского интерфейса и возможность работы для пользователя без привлечения дорогостоящих программных средств.

При создании географического портала использована серия современных программных средств, относящихся к Веб-, ГИС- и другим технологиям и средам программирования. Портал выполнен на языке PHP (Personal Home Page Tools) – скриптовом языке программирования общего назначения, активно применяемом для разработки веб-приложений. Этот язык использовался во взаимодействии с системой управления базами данных MySQL. При создании портала применялись также Flash-технологии, элементы которых используются в качестве различных составляющих частей: меню портала, баннеров, библиотеки карт, анимаций.

#### **Гляциологические информационные ресурсы**

Заметное место среди информационных ресурсов портала «География» занимают ресурсы, относящиеся к разделу «Гляциология». Быстрый переход на создание цифровых массивов данных и активное использование геоинформационных технологий в гляциологических исследованиях обусловлены применением картографического метода и системного подхода в гляциологии, которые активно развивались в Институте географии РАН в «докомпьютерную» эпоху [6]. Основные результаты таких исследований – «Каталог ледников СССР» [3] и «Атлас снежно-ледовых ресурсов мира» [1]. Цифровые версии этих изданий составляют ядро системы гляциологических информационных продуктов, созданных в Институте географии РАН [15].

Доступ к тематической странице «Гляциология» осуществляется с главной страницы портала «География» – при этом для пользователя остаются активными все основные опции главной страницы портала (<http://www.webgeo.ru/>). На странице размещаются ссылки на основные информационные ресурсы – электронный атлас «Снег и лед на Земле», каталоги ледников, библиотеку по гляциологии, региональные базы данных.

Тематический рубрикатор соответствует основным направлениям исследования в гляциологии: физика и химия льда, атмосферный лёд, снежный покров, снежные лавины и гляциальные сели, морской лёд, речные и озёрные льды, наледи и подземные льды, ледники и ледниковые покровы, палеогляциология. Раздел «Ссылки» создан, чтобы расширить гляциологическое информационное пространство и дать возможность пользователю получать информацию и данные, связанные с гляциологией, с других доступных информационных ресурсов (<http://www.webgeo.ru/index.php?r=54>).

#### **Наборы пространственных гляциологических данных**

В системе организации гляциологических данных в Институте географии РАН особый интерес вызывают наборы пространственных данных (геоинформационных слоёв), собранных в виде отдельных проектов и баз геоданных. Доступ к ним возможен на трёх основных уровнях: на уровне метаописаний и копий экрана готовых проектов в ARC/View; на уровне самих проектов ARC/View; кроме того, можно скачать информацию о каждом слое, сохранённую в виде shp.-файлов в ARC-формате в десятичных градусах. Последний уровень представления информации позволяет пользователю проектировать данные в любую проекцию, собирать собственные проекты, трансформировать данные в другие ГИС-форматы, анализировать информацию совместно с собственными или другими данными, имеющими географическую привязку.

В системе доступна для анализа – база данных изолинейных карт полей нивально-гляциальных характеристик на основные районы оледенения земного шара (рис. 1). Такое представление информации позволяет активно использовать алгоритмы сетевого анализа информации, позволяющего оценить любую территорию по комплексу нивально-гляциальных характеристик, а также выделить районы с наиболее опасным или благоприятным сочетанием природных нивально-гляциальных явлений. Исходными материалами для них послужили карты Атласа снежно-ледовых ресурсов мира [1].

#### **Электронный атлас «Снег и лед на Земле»**

В дополнение к Интернет-ресурсам пространственных данных по гляциологии был создан электронный атлас «Снег и лед на Земле» (рис. 2), в основу которого легли наборы пространственных данных, созданных на основе бумажного варианта «Атласа снежно-ледовых ресурсов мира» [1]. Элект-

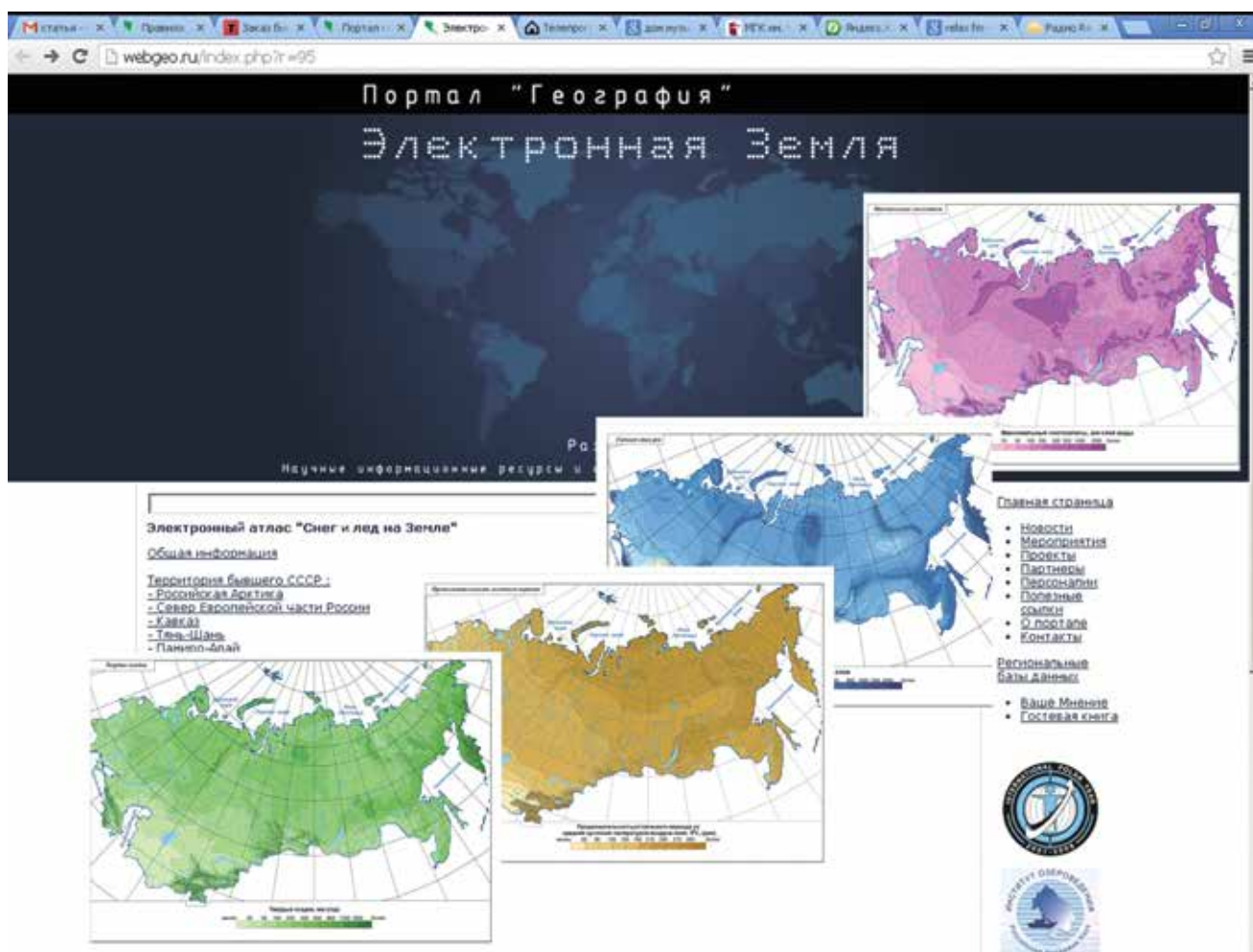


Рис. 1. Портал «География», страница «Гляциология»

Fig. 1. Portal «Geography», page «Glaciology»

ронный атлас – это сочетание функциональных возможностей геоинформационных систем: хранение большого объема разнообразной информации; «свободная» навигация по информации и выход в основное меню; легко выполняемый процесс добавления данных; корректировка уже имеющейся информации; отражение информации послойно; интерактивный диалог; получение справочной или другой пояснительной информации; увеличение на экране; подключение к глобальной сети Интернет и использование её в качестве телекоммуникационной площадки и адаптированного для неподготовленного пользователя интерфейса.

Электронный атлас – программный продукт, который предоставляется пользователю в формате exe и состоит из двух блоков: картографического и информационного. Картографический блок содержит базовые слои – цифровую основу, а также тематические слои, отражающие характер распре-

деления отдельных явлений и показателей по территории. В информационном блоке может присутствовать разнообразная информация: описания, фото- и видеодокументы, справочные сведения. Перечисленные функции и типы данных отражают базовые возможности, которые можно изменить и расширить в случае решения нестандартных задач. Оболочка атласа, представляя собой конечный программный продукт, формируется на основе более функциональной геоинформационной базы данных. Пользование электронным атласом не требует дополнительного дорогостоящего программного обеспечения, что существенно облегчает его использование, а дружественный интерфейс позволяет разобраться в нём даже неспециалисту. Системные требования для установки продукта также минимальны: он может быть установлен практически на любые стационарные компьютеры, планшеты и некоторые мобильные телефоны (смартфоны).

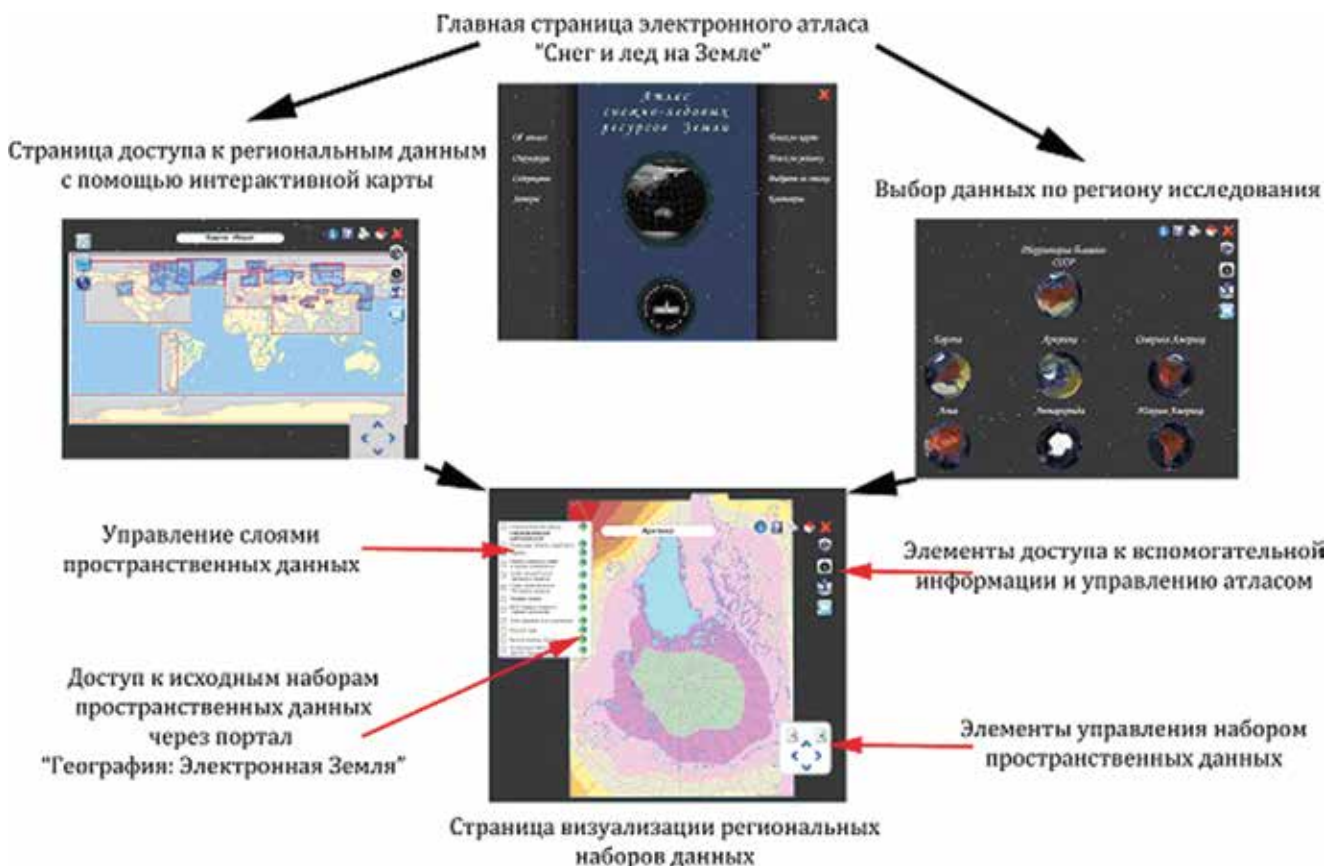


Рис. 2. Электронный атлас «Снег и лед на Земле»  
 Fig. 2. Digital atlas «Snow and Ice on the Earth»

**Электронная библиотека по гляциологии**

Не менее важный элемент организации гляциологической информации – формирование электронной геобиблиотеки. Электронная геобиблиотека предполагает наличие пользовательских профилей с правами использования данных, с возможностью привязки полных текстов и добавле-

ния примечаний. Работая дистанционно и получив доступ к электронной геобиблиотеке, пользователь выполняет поиск с помощью пользовательского профиля – предпочтения файлов пространственных данных, форматов научной литературы, а также автоматически расположенных материалов на внутренних ресурсах. Пользователь имеет воз-

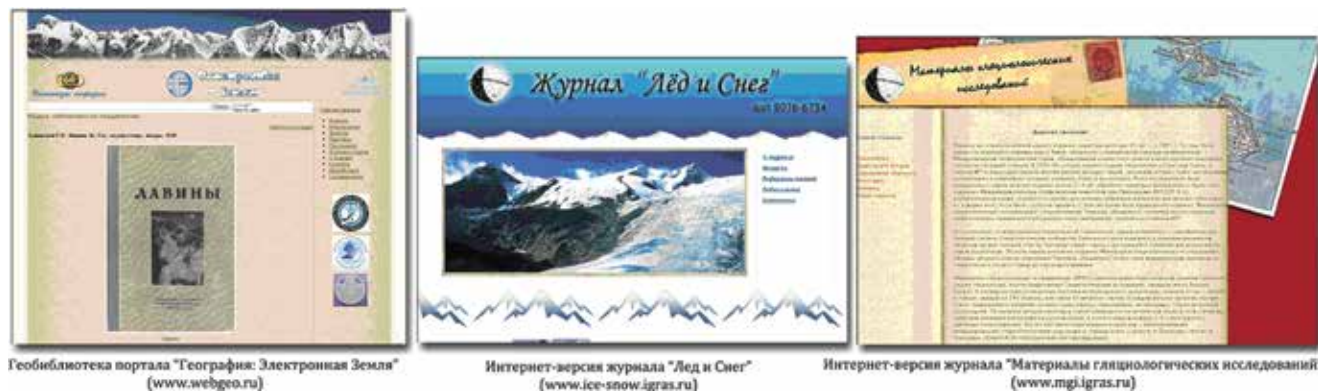


Рис. 3. Электронная библиотека по гляциологии  
 Fig. 3. Digital glaciological library



возможность просматривать материалы, связывать их с помощью различных инструментальных средств, отмечать ссылки используемых ресурсов, записывать материал с некоторыми комментариями по территориальной принадлежности.

Основные разделы библиотеки по гляциологии – это книги, журналы и библиографическая база данных (рис. 3). Отсканированные копии книг хранятся на сервере ИГРАН. На странице «Гляциология» географического портала пользователь может выбрать из списка необходимую книгу, посмотреть обложку и содержание книги, а также получить полный текст в формате DjVu, использующем технологию сжатия изображений, разработанную специально для хранения сканированных документов – книг, журналов, рукописей, или в формате Adobe Acrobat. Постоянно пополняемая Аннотированная библиография русскоязычной литературы по гляциологии содержит информацию о всех публикациях по гляциологии на русском языке начиная с 1788 г.; она доступна в форматах Microsoft Access и Microsoft Word. В разделе «Журналы» помещены ссылки на страницы основных журналов, публикующих статьи по гляциологической тематике: «Лёд и Снег», «Криосфера Земли», «Annals of Glaciology», «Journal of Glaciology», «Cryosphere»; создаётся цифровой архив журнала «Материалы гляциологических исследований», который издавался с 1961 по 2010 г. Всего было издано 108 номеров.

#### **Интеграция гляциологических данных**

Сформированная система базовой гляциологической информации даёт возможность применять современные технологии интеграции данных для реализации междисциплинарных и интеграционных проектов. Технологии интеграции данных используются для формирования единого информационного пространства по предметным областям пространственных данных. В данном случае объект интеграции – информационные ресурсы по гляциологии, хранящиеся в распределённых системах данных на web-серверах и геопорталах Института географии РАН в виде баз данных и метаданных, структурированных (по определённому формату) файлов данных, объектных файлов данных (простой текст, документы, изображения и др.), электронных атласов.

Для формирования масштабной распределённой среды и интеграции многих информационных ресурсов по гляциологии наилучший вариант интеграции – обеспечение так называемой интер-

операбельности (взаимосовместимости) данных. Под этим понимается соблюдение определённых правил или привлечение дополнительных программных средств, обеспечивающих возможность взаимодействия различных пространственных данных [9]. Это – своего рода стандарты, которым должны удовлетворять интегрируемые информационные ресурсы по гляциологии. Программная реализация технологии интеграции гляциологических данных построена на клиент-серверной модели и состоит из программных комплексов «Источник Данных» и «Сервер Интеграции», взаимодействующих по протоколу обмена данными. Инструментами решения исследовательских задач по данной предметной области служат аналитические средства и методы их преобразования и обработки, включая аналитические ГИС- и ресурсоёмкие технологии, реализуемые в Грид-системах. Эти инструменты обеспечивают потенциальному пользователю возможность интегрировать имеющиеся ресурсы в свои персональные данные, программные модули интеграции и преобразования.

Таким образом, используемый вариант организации информационной среды – клиент-серверная архитектура, при которой данные хранятся в базе данных на сервере и многие пользователи имеют возможность обращаться к одному массиву данных, упрощает администрирование данных, появляется возможность параллельного совместного редактирования и ведения нескольких версий. Вместе с тем распределённая система организации информационной среды в целом более надёжна, поэтому для возможного совмещения работы и развития инфраструктуры некоторые компоненты и ресурсы выделены как самостоятельные клиентские приложения – это ГИС- и Грид-инструментарии. В этом случае распределённая система имеет централизованную архитектуру с элементами децентрализации. К преимуществам такого решения относится его универсальность (приложение можно легко настроить в соответствии с решаемой задачей и набором необходимых пользователю функций; интерфейс приложения такой же, как в программах MS Office).

#### **Метаданные**

Роль метаданных в процессах информационного обмена данными переоценить трудно: они используются при каталогизации, учёте, статистической обработке и анализе. Определение методологии формирования метаданных о пространственных данных и услугах приведено в

стандарте «Географическая информация. Метаданные» [2]. Популярность хранилищ данных и метаданных в последние годы существенно возросла. Метаданные считаются ключевым фактором успеха в проектах по созданию хранилищ тематических данных. Они содержат всю информацию, необходимую для извлечения, преобразования и загрузки данных из исходных систем, а также для последующего использования и интерпретации содержимого.

Существуют разные способы определения и хранения метаданных в хранилище. Один из эффективных методов — использование технологии XML. Этот метод позволяет публиковать метаданные, используемые любой программой или базой данных, в виде языка общения. XML обеспечивает связь между структурированной базой и неструктурированным текстом, передаваемым в формате XML. Поскольку XML позволяет задавать свой собственный язык разметки, можно использовать все расширенные гипертекстовые возможности для хранения самих метаданных или ссылок в любом формате.

#### Портал «МПП-ИГРАН»

Примером реализации и использования технологии XML можно считать портал «МПП-ИГРАН» ([www.mpp.igras.ru](http://www.mpp.igras.ru)), на котором представлены гляциологические исследования в рамках «Международного полярного года», который проводился с 1 марта 2007 г. по 1 марта 2009 г. [15]. Метаданные на портале находятся в репозитории — структурированной системе хранения и извлечения, реализованной на основе СУБД. Для интерпретации метаданных на портале хранится структура репозитория, т.е. схема метаданных и их семантика. Сайт по тематике «Международного полярного года» (<http://mpp.igras.ru/>) — центр сбора данных по МПП внутри Института географии РАН и передачи их в единый центр системы управления данными «МПП-Инфо» (<http://www.mpp-info.ru/>) (рис. 4).

Информационной составляющей сайта служат описание программ исследования по проекту МПП и результатов исследований с 2006 по 2009 г. Массивы гляциологических данных — это результаты измерения баланса массы ледников, динамических характеристик границ и поверхности ледников, плотности, температуры и влажности льда в скважинах, химического состава снега и льда, результаты подсчёта количества и ширины годичных колец спилов древесины, измерения размеров лишайни-

ков, данные о радиозондировании ледников и дешифрировании аэрокосмических снимков. Поиск данных возможен по нескольким рубрикам: «Исследования в конкретном году»; «Результаты исследований» — поиск по интерактивной карте экспедиционных работ; «Данные» и «Метаданные».

Общая архитектура сайта состоит из двух основных частей: «внешней» (набор HTML-страниц, генерируемых при вызове страниц из браузера посетителя сайта) и «внутренней» — системы администрирования. Обе части представляют собой общее хранилище данных, но вся система предусмотрена также для хранилища XML-документов. В хранилище находится информация, содержащаяся на сайте, а также информация, описывающая его (макеты страниц, структура, права доступа и пр.). При вызове страницы PHP-скрипт выбирает из базы данных необходимую информацию и генерирует HTML-документ, который и подаётся браузеру пользователя. Обе части сайта (внешняя и внутренняя) располагаются на веб-сервере, что позволяет редактировать сайт онлайн. Система администрирования сайта и информации на нём позволяет автоматизировать процесс управления как сайтом в целом, так и сущностями в рамках сайта: макетами страниц, шаблонами вывода данных, структурой, информационным наполнением, пользователями и правами доступа, а также по возможности предоставлять дополнительные сервисы. Помимо системы администрирования, на сайте присутствует внешняя интерактивная система добавления информации о проектах по тематике МПП и результатах исследований. Внешняя интерактивная часть создана для специалистов, участвующих в экспедиционных исследованиях, которые владеют более подробной информацией о результатах и т.п.

#### Региональные базы гляциологических данных

Интеграционные технологии используются и при формировании региональных гляциологических баз данных. Сгруппированная по региональному принципу информация даёт возможность пользователю анализировать различные типы данных, привязанных к одной территории. Такой подход упрощает использование тематических данных в междисциплинарных проектах.

**Кавказ.** Примером может служить база данных, предназначенная для обеспечения информационной основы исследований оледенения Кавказа (рис. 5). Она создавалась в рамках единой концепции организации криосферных данных в

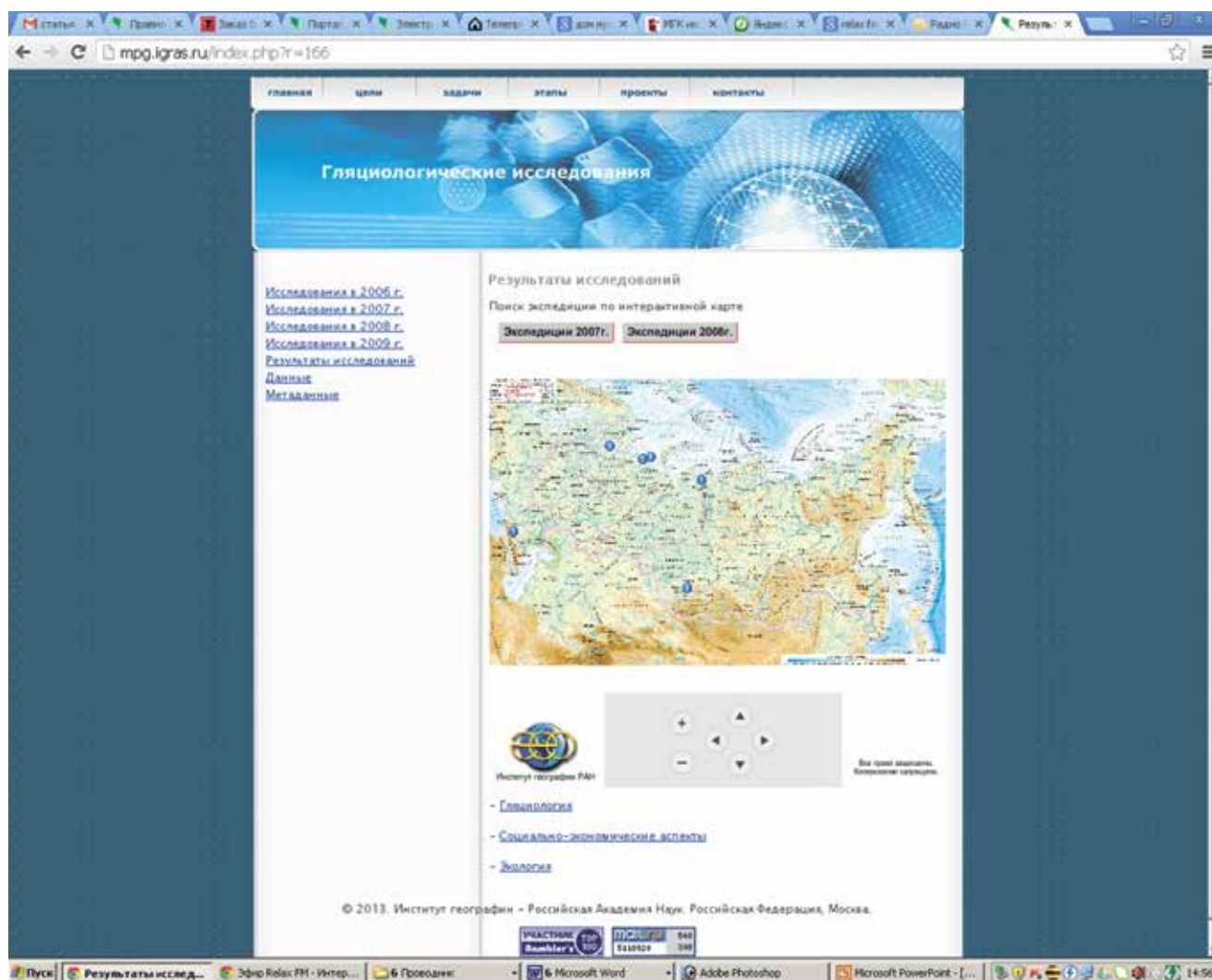


Рис. 4. Портал «МПП-ИГРАН»  
Fig. 4. Portal IPY-IGRAS

геоинформационной среде, разработанной в Институте географии РАН [4].

Предлагаемая база данных содержит векторную, растровую, табличную и текстовую информацию. Основу базы данных составляют данные каталогов ледников, цифровые карты среднемноголетних характеристик из атласа «Снег и лед на Земле», коллекция космических снимков. Данные Каталога ледников СССР [3] на территорию Кавказа, как составная часть Мирового каталога ледников, хранятся на сайте Мирового центра данных по гляциологии (г. Боулдер США) и на странице «Гляциология» портала «География» Института географии РАН, где дополнительно размещён специальный файл «Пояснение к основной таблице каталога ледников», в котором дано содержание столбцов таблицы цифрового каталога ледников.

В цифровую форму переведён первый из существующих Каталог ледников Кавказа, опубликованный К.И. Подозерским в 1911 г. В нём содержится информация о площадях ледников Кавказа, полученная по результатам теодолитной съёмки военных топографов в 1885–1910 гг.

Набор векторных цифровых карт на всю территорию Кавказа включает в себя карты гляциологического районирования, карты климата зимнего периода и характеристик снежного покрова. Векторные цифровые карты на ледниковую зону Кавказа характеризуют климат летнего периода и запасы снега и льда. Коллекцию дополняет набор цифровых топографических карт масштаба 1:100 000 в растровом формате на районы оледенения Кавказа. Помимо информации о среднемноголетней картине климатических условий существо-

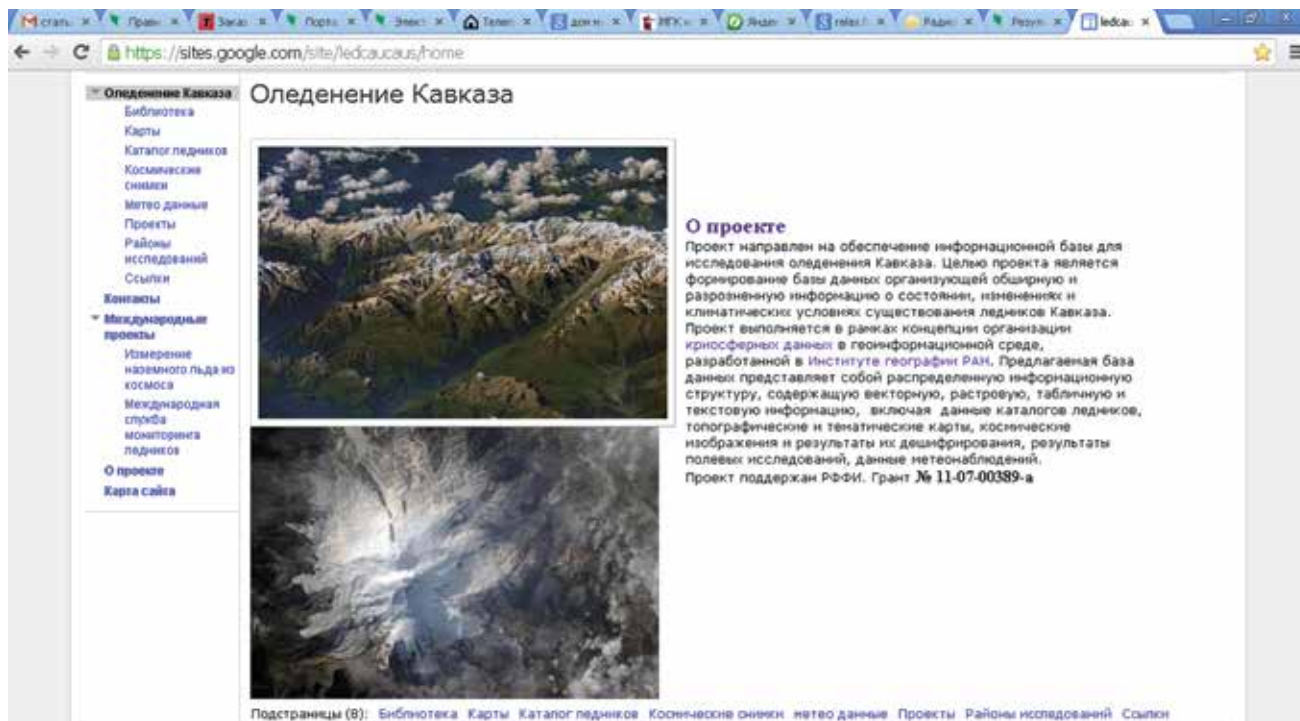


Рис. 5. Региональная база данных «Оледенение Кавказа»  
 Fig. 5. Regional data base «Caucasus Glaciation»

вания оледенения Кавказа, база данных содержит информацию о температуре и осадках сети станций Росгидромета, включённых в глобальную сеть наблюдений за климатом, с 1950 по 2012 г.

Основной источник данных для оценки современного состояния оледенения – космические снимки, выполненные аппаратурой ASTER (Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), установленной на борту орбитальной платформы «Терра», и получаемые в рамках международного проекта GLIMS (Глобальные измерения ледников из космоса). С начала XXI в. сняты практически все ледниковые районы земного шара, в том числе и Кавказ. При формировании базы данных отбракованы кадры, имевшие дефекты из-за аппаратурных сбоев, неблагоприятных погодных и облачных условий, по сезонным ограничениям. В результате отобраны качественные данные на территорию Кавказа для каждого года съёмки с 2000 по 2013 г. Весь массив снимков ASTER доступен на сайте Геологической службы США.

По результатам дешифрирования 45 космических ортоснимков ASTER (2002–2012 гг.) в базу данных включена новая информация о количестве и размерах ледников Кавказа. На начало XXI в. по космическим снимкам на Кавказе зафиксировано 1706 ледников общей площадью 1225,77 км<sup>2</sup>.

(рис. 6). Для ряда районов, обеспеченных качественными космическими снимками, получены данные о состоянии ледников в 2001 и 2010 гг., что позволило оценить изменения за первое десятилетие XXI в. [10]. В базу данных включены данные Мировой службы мониторинга ледников (WGMS), которая собирает стандартизированную информацию об изменениях массы, объёма, площади и длины ледников во времени (колебания ледников). Для двух ледников Кавказа – Джанкуат и Гарабаши – ряд наблюдений продолжается и информация передаётся в WGMS (<http://www.wgms.ch/>).

В раздел «Электронная библиотека» включены основные публикации с результатами исследований, имеющих отношение к оледенению Кавказа, статьи в журналах, библиографическая база данных. Сформированы разделы базы данных, посвящённых наиболее изученным ледниковым районам и ледникам Кавказа. Сюда вошли данные из Атласа Эльбруса, Атласа снежно-ледовых ресурсов мира, информация о результатах современных исследований. Среди них – многолетний непрерывный ряд масс-балансовых наблюдений на эталонном леднике Гарабаши, а также наблюдения за изменениями химического состава снега и воды и активными гляциальными процессами в районе массива Эльбруса. Район Казбека интересен, пре-



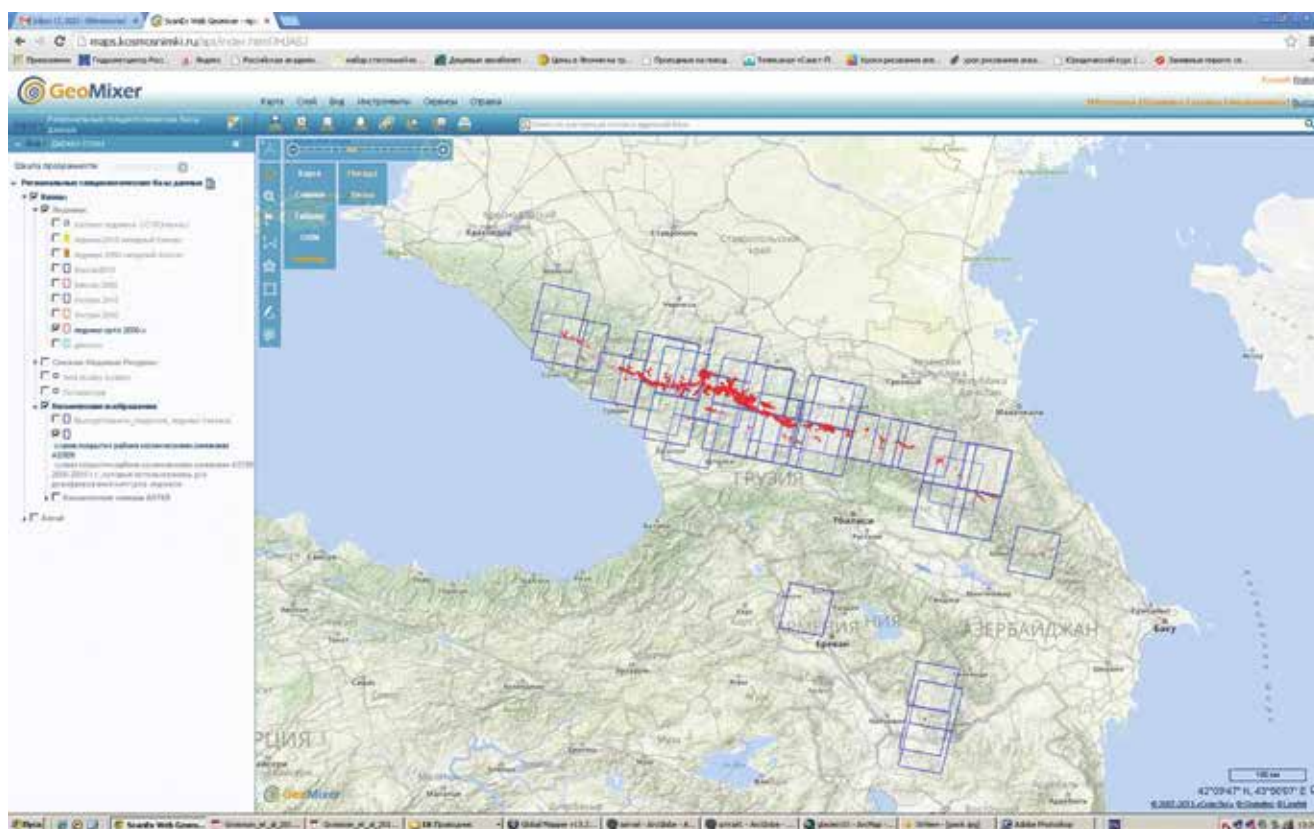


Рис. 6. Карта контуров ледников (красный), составленная по космическим снимкам ASTER.

Синим цветом показано расположение космических снимков

Fig. 6. Map of glacier outlines (in red), based on space images.

Blue rectangles show the location of space images

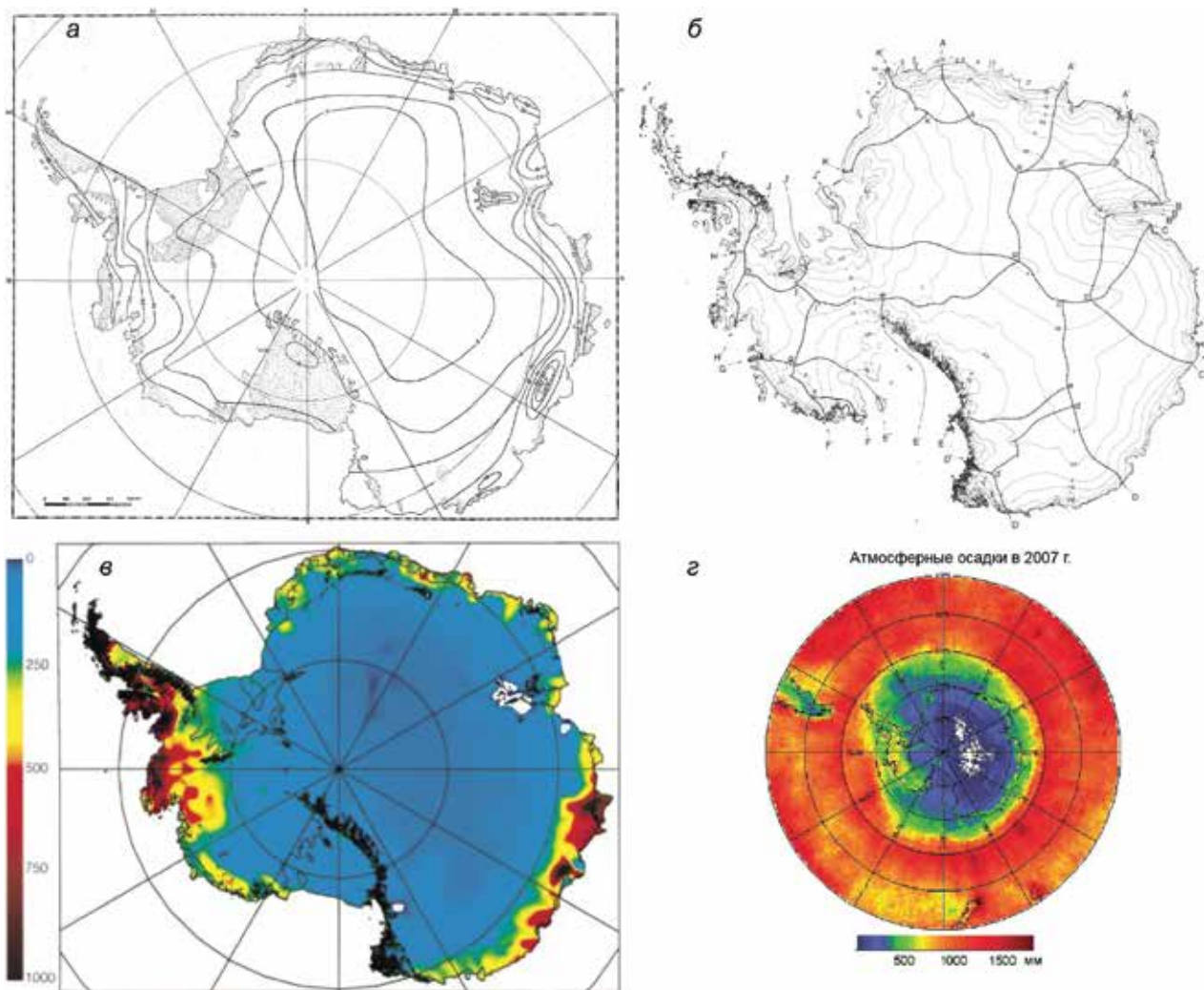
жде всего, катастрофическими событиями, связанными с подвижками ледника Колка. В базу данных включена имеющаяся в нашем распоряжении информация о леднике и ледниковых подвижках 1902, 1969 и 2002 гг. Это – картографические материалы и космические изображения [12, 13].

Для работы с геоданными в Интернете или в локальной сети все данные, имеющие пространственную привязку (векторные карты, растровые изображения, табличные данные), визуализируются на базе платформы GeoMixer, технологии и программного продукта ИТЦ СКАНЭКС (<http://www.scanex.ru/ru/index.html>). Коллекции текстовых и растровых файлов хранятся на сервере портала «География» Института географии РАН (<http://webgeo.ru/>). Ссылки на ресурсы размещены на соответствующих разделах сайта проекта (<https://sites.google.com/site/ledcaucus/>).

**Антарктида.** Ещё один пример интеграции данных в региональном проекте – гляциологическая база данных на территорию Антарктиды. Создание новой информационной структуры

продолжает деятельность по организации данных на краевую часть Антарктиды, начатую в Институте географии РАН в 2002 г. при поддержке РФФИ [5]. Появление и широкое развитие во второй половине XX в. технологий и методов дистанционного зондирования, а также получение изображений в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах позволило накопить значительный объём данных о состоянии ледников периферии Антарктиды.

Здесь собраны и систематизированы наземные инструментальные и дистанционные данные о снегонакоплении в пределах основных ледосборных бассейнов Антарктического ледникового покрова начиная с периода подготовки и проведения Международного геофизического года (МГГ), т.е. за последние 60 лет (рис. 7). Наличие в пределах краевой части ледникового покрова относительно развитой сети круглогодичных метеостанций позволяет получить ряды фактической информации по изменению климата Южной полярной области в прошлом столетии. При создании тематической



**Рис. 7.** Основные источники информации о снегонакоплении в пределах Антарктического ледникового покрова за последние 50 лет:

*a* – Котляков, 1961 г.; *б* – Giovinetto, Bentley, 1985 г.; *в* – Vaughan et al., 1999 г.; Giovinetto, Zwally, 2000 г.; *г* – Котляков и др., 2009 г.

**Fig. 7.** Main information sources of snow accumulation in Antarctica for last 50 years:

*a* – Kotlyakov, 1961; *б* – Giovinetto, Bentley, 1985; *в* – Vaughan et al., 1999; Giovinetto, Zwally, 2000; *г* – Kotlyakov et al., 2009

основы для анализа динамики морфологических особенностей и климатических условий существования Антарктического ледникового покрова в базе данных сформирован специальный раздел, отражающий состояние этого уникального природного объекта в 1960–1970 гг. Раздел содержит цифровую картографическую гляциоклиматическую информацию и базируется более чем на 30 картах Атласа снежно-ледовых ресурсов мира.

Новый информационный массив содержит результаты оценки баланса массы основных ледосборных бассейнов, ледниковых покровов Восточной и Западной Антарктиды и всего Антарктического ледникового покрова [7]. Анализ сделан на основе со-

временных данных о снегонакоплении, полученных по результатам интерпретации данных Глобального климатического проекта осадков и лазерной альтиметрии космических систем ICESat и CryoSat-2, и данных о стоке материкового льда, полученных по результатам анализа данных радарной интерферометрии и радиозондирования в краевой части Антарктического ледникового покрова.

### Заключение

Формирование информационного пространства для исследования криосферы – непрерывный процесс. Он берёт своё начало в середине прошлого века, когда создавался Каталог ледников СССР

и разворачивались работы по составлению Атласа снежно-ледовых ресурсов мира. Развитие геоинформационных технологий и дистанционных методов вывели этот процесс на новый технологический уровень. Созданная информационная основа в сочетании с современными подходами позволяет эффективно развивать систему гляциологических баз данных, интегрировать их в региональные и междисциплинарные проекты.

В результате проведённых исследований созданы алгоритмы интеграции информационных ресурсов по предметной области «Гляциология», оценён тематический охват информационных ресурсов, а также проведена адаптация информационных ресурсов для потенциальных пользователей в рамках конкретных интеграционных проектов. В процессе работ получены новые результаты по формированию классифицированных и стыкующихся информационных ресурсов от разных источников данных, выполнено «конструирование» новых знаний на основе хранилищ массивов метаданных и организации информационного интерфейса для специалистов по конкретным направлениям фундаментальных и прикладных исследований в области гляциологии. Интеграция сетевых ресурсов выполняется на основе сетевых Веб-сервисов, которые служат также элементами технологии Грид, а интеграция ресурсов в виде ГИС-проектов поддерживается сетевыми аналитическими ГИС. Всё это позволяет говорить о реализации интероперабельности пространственных данных по гляциологии в Институте географии РАН.

Намечены перспективы развития инфраструктуры пространственных гляциологических данных. Параллельно с наращиванием массивов данных планируется создание единого гляциологического геопортала на базе современных коммерческих продуктов ArcGIS Server и ArcGIS Online. ArcGIS Server позволяет вести полноценную работу через окно обычного веб-браузера. На место пользователя такой ГИС не требуется установка каких-либо ГИС-приложений, вся функциональность реализована на сервере, а веб-браузер играет, по сути, роль терминала. ArcGIS Online – размещённая в облачной инфраструктуре платформа для создания картографических проектов, которая предоставляет доступ к динамичным ресурсам, даёт возможность создавать и каталогизировать карты, данные и приложения, а также предоставлять их пользователям.

При подготовке публикации использованы результаты, полученные в рамках проектов, поддержанных РФФИ (№ 11-07-00389-а, 12-05-00107-а,

13-05-12047 и 13-05-41195РГО-а), грантом Ведущей научной школы НШ-5967.2014.5 и Программой № 4 Президиума РАН.

### Литература

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: изд. Российской академии наук, 1997. 392 с.
2. ГОСТ Р 52573–2006. Географическая информация. Метаданные. М: Стандартиформ, 2006. 59 с.
3. Каталог ледников СССР. М.-Л.: Гидрометеиздат, 1965–1982.
4. *Котляков В.М., Зверкова Н.М., Хромова Т.Е.* Концепция гляциологической геоинформационной системы // Изв. РАН. Сер. геогр. 1977. № 5. С. 125–133.
5. *Котляков В.М., Москалевский М.Ю., Хромова Т.Е.* Разработка и создание цифровой базы данных на территорию Антарктиды // МГИ. 2005. № 102. С. 93–101.
6. *Котляков В.М., Зверкова Н.М., Хромова Т.Е., Варнакова Г.М., Муравьев А.Я.* Гляциологическая картография от МГГ до МПГ // МГИ. 2009. № 107. С. 45–50.
7. *Котляков В.М., Москалевский М.Ю., Васильев Л.Н.* Изменения баланса массы Антарктического ледникового покрова за 50 лет // ДАН. 2011. Т. 438. № 2. С. 263–266.
8. *Кошкарёв А.В.* Эффективное управление пространственными метаданными и геосервисами в инфраструктурах пространственных данных // Пространственные данные. 2008. № 1. <http://www.gisa.ru/44539.html>.
9. *Кошкарёв А.В., Тихонов В.С., Тимонин С.А.* Картографические Web-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации // Пространственные данные. 2009. № 3. <http://www.gisa.ru/56564.html>.
10. *Носенко Г.А., Хромова Т.Е., Ротомаяева О.В., Шахгеданова М.В.* Реакция ледников Центрального Кавказа в 2001–2010 гг. на изменения температуры и количества осадков // Лёд и Снег. 2013. № 1 (121). С. 26–34.
11. *Радионова Г.П., Загоровский В.И.* Инфраструктура пространственных данных Российской Федерации: опыт, технологии, особенности // ArcReview. 2012. № 4 (63). [http://esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=8297&SECTION\\_ID=265](http://esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=8297&SECTION_ID=265)
12. *Ротомаяева О.В., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф., Тарасова Л.Н.* Балансовое состояние ледника Гарабаши (Эльбрус) в 80-х и 90-х годах XX столетия // МГИ. Вып. 95. 2003. С. 111–121.
13. *Чернов Р.А., Ротомаяева О.В., Муравьев А.Я., Кузнецова Е.П.* Ледник Колка – 2010 год, новые данные // Лёд и Снег. 2011. № 4 (116). С. 125–128.
14. Электронная Земля. Программа фундаментальных исследований РАН. М: изд. ВИНТИ РАН, 2009. 478 с.
15. *Khromova T. Y.* GIS For Cryosphere Studies // Materials of the Partnership conference «Geophysical observatories, multi-functional GIS and data mining» // Geoinf. Res. Papers. 2013. BS1004. doi:10.2205/2013BS012\_Kaluga. [http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS012/SESSION\\_3/Khromova.pdf](http://ebooks.wdcb.ru/2013/2013BS012/SESSION_3/Khromova.pdf).

### Summary

Substantial and rapid environmental changes require developing methods which could be able to manage huge information flows, to optimize processes of the data acquisition, storage, analysis, and

exchange. Such facilities can be provided by the newly developed GIS technologies. Digital data bases are used as the key component of the GIS methods. We present the system of glaciological data management, developed in the Institute of Geography of Russian Academy of Sciences (IGRAS). Digital Atlas «Snow and Ice on the Earth», glacier inventories and digital library are the basic structures making possible objective presentation of the glaciological knowledge and data. The system provides the data integration, access to the data base, and makes possible using the GIS techniques for analysis. Data integration technologies are designed to form the united information space of subject areas of the spatial data. The objects of integration in our study are the information resources of glaciology, accumulated in a distributed system of data on the IGRAS web servers and geoportals in forms of data and metadata bases, structured (in a particular format) data files, object data files (plain text, documents, images, etc.), and electronic atlases. The best option for formation of a large-scale distributed environment, integration of many information

resources of glaciology is to provide the so-called interoperability of data. This refers to compliance with certain rules or usage of additional software tools that allows interaction between various spatial data. These are standards to which the integrated information resources of glaciology should satisfy. The result of integration of the glaciological data technology application is the series of software and technology solutions. The main result of this work is creation of geoportals «Electronic Earth» ([www.webgeo.ru](http://www.webgeo.ru)), «The Nature and Resources of the Russian North» ([www.north.webgeo.ru](http://www.north.webgeo.ru)), «IPY-IGRAS» ([www.mpg.igras.ru](http://www.mpg.igras.ru)), all based on the spatial glaciological data. Another result is the digital and web-atlas «Snow and Ice of the Earth», presenting the example of open source of the spatial data on glaciology in the multi-program environment. Regional data bases created for regions of the Caucasus and the Antarctic Continent make it possible to develop various GIS models and to analyze interrelations, status and dynamics of glaciological parameters. The system of links provides easy access to distributed resources.