

УДК 004.9:004.738.5:553.3:553.6

© А.В. Ткачев, С.В. Булов, Е.И. Чесалова

А.В. Ткачев, С.В. Булов, Е.И. Чесалова

ГЕОПОРТАЛ «МЕТАЛЛОГЕНИЯ»

Введение

Использование геоинформационных технологий в геологии стало уже обыденной практикой. Как в производственной, так и в научной сферах за последнее время реализованы многие геоинформационные проекты, посвященные задачам самого разного уровня – от оценки отдельных месторождений до создания глобальных обзорных информационных систем с базами пространственных данных больших объемов.

Однако в большинстве случаев результаты исследований и проектов рассредоточены, их использование зачастую ограничено рамками того проекта, где они созданы, затруднен или невозможен поиск и доступ к существующим данным, не всегда налажен обмен ими. Это положение вещей присуще как зарубежным, так и российским работам с использованием средств ГИС в геологии.

Современным способом преодоления этих проблем является создание геопорталов. Геопортал – сервер, предоставляющий пользователям прямой доступ к распределенным сетевым ресурсам пространственных данных и сервисам (геосервисам), которые могут быть найдены на геопортале как в исходной точке входа в такую сеть [3].

На современном геопортале должны присутствовать:

- каталог метаданных с сервисами поиска (пространственного, атрибутивного, полнотекстового и т.д.) и фильтрации, позволяющими искать наборы пространственных данных, геосервисы и другие геоданные, а также редактировать метаданные;
- средства визуализации, предоставляющие как минимум возможности просмотра данных, навигации по изображениям, их прокрутки, масштабирования и графической композиции данных, а также отображения легенд карт и соответствующей информации, содержащейся в метаданных;
- сервисы для импорта/экспорта информации либо обеспечение прямого доступа к распределенным данным.

Для геопорталов научной направленности (анализ, синтез, прогноз) перспективным направлением развития является создание сервисов обработки пространственных данных: извлечение

и редактирование информации, пространственный и статистический анализ и т.п.

Примеры существующих геопорталов в геологии

Примером хорошего мирового опыта создания геологических геопорталов является портал «OneGeology» (<http://www.onegeology.org>), являющийся крупным межнациональным проектом, в котором участвует 121 страна. Он аккумулирует геологические карты различных территорий мира. Россия предоставила для него геологические карты масштаба 1:1 000 000. К сожалению, только в растровом формате. Тем не менее даже в этом грандиозном проекте имеются карты не на всю поверхность земного шара. Данный ресурс является полноценным геопорталом: можно выбирать данные по различным параметрам, визуализировать их, просматривать атрибутику, использовать данные в виде сервисов WMS (Web Map Service) либо WFS (Web Feature Service), скачивать информацию, а также добавлять свои данные.

Очень хорошим источником геологической информации является геопортал Геологической службы США – USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Здесь агрегировано огромное количество геоданных: карты, базы данных, геосервисы и т.п. Кроме национальных проектов, здесь много данных на территории за пределами США. На портале есть возможность визуализации данных, доступ к которым осуществляется через веб-сервисы. Позитивной оценки также заслуживают ресурсы других национальных геологических служб, среди которых особенно выделим службы Канады (<https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography/topographic-information>), Великобритании (<https://www.bgs.ac.uk/data/mapViewers/home.html>), Франции (<http://www.brgm.eu>), Финляндии (<http://en.gtk.fi/information-services/>), Австралии (<http://www.ga.gov.au/data-pubs>).

Нельзя не отметить портал ArcGIS Online (<https://www.arcgis.com>), который предоставляет возможность любому пользователю опубликовать свои картографические данные, представленные в разных форматах, настроить их визуализацию, предоставляет инструменты анализа данных, а также возможность построения веб-приложения для обеспечения общего доступа к созданной карте. Существенным

недостатком этого ресурса является отсутствие системного подхода к тематике публикуемых данных.

Ряд интересных геопорталов созданы в России. Прежде всего это «Информационная система обеспечения работ по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы» – СОБР РОСНЕДРА (<https://sobr.geosys.ru/>), «Геолого-картографический ресурс по региональной геологии», созданный во ВСЕГЕИ (<http://www.vsegei.com/ru/info/georesource/>), «Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации» – совместный проект центра «Минерал», ФГУНПП «Аэрогеология» (программное обеспечение) и ФГБУ «ВСЕГЕИ» (материалы ГИС-Атласа «Недра России») по заказу Управления геологических основ, науки и информатики Роснедра (<https://openmap.mineral.ru>). На перечисленных ресурсах представлены геологические и геофизические карты различных масштабов, преимущественно в растровом виде, данные о геологической изученности, лицензировании недропользования, состоянии минерально-сырьевой базы. Технологически системы строятся как веб-приложения на основе сервис-ориентированных технологий.

Из этих ресурсов только последний можно назвать полноценным порталом, так как он позволяет не только визуализировать данные, но и экспортировать их, добавлять свои данные сторонним пользователям (в формате KML – Keyhole Markup Language) и, при необходимости, их редактировать. Некоторое сожаление вызывает факт использования здесь технологии экспорта/импорта данных, которая не слишком современна и не так удобна, как технологии распределенной обработки данных (например, посредством веб-сервисов). Кроме того, в этом геопортале создателями заложена тематическая ограниченность использования этих информационных ресурсов: они ориентированы на планирование производственных задач и управление ими в организациях геологоразведочной отрасли. Поэтому оправданная при таком применении предельная краткость в описании металлогенических объектов существенно ограничивают возможности их применения для целей металлогенического анализа или прогнозирования.

Два полноценных геопортала, основанных на современных технологиях, созданы дальневосточными специалистами. Первый – ГИС-портал «Геология и геофизика Дальнего Востока России» – разработан коллективом под руководством В.В. Наумовой [4]. Он интегрирует пространственные данные соответствующего названия содержания и сервисы их обработки. Второй ресурс сформирован в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН ([\[geoportal.kscnet.ru\]\(http://geoportal.kscnet.ru\)\) для обеспечения единой точки доступа к вулканологическим и сейсмологическим данным и сервисам.](http://</p></div><div data-bbox=)

Геофизическим центром РАН создана Интеллектуальная геоинформационная система «Данные наук о Земле по территории России» (<http://gis.gcras.ru/>), содержащая разнообразную информацию соответствующего профиля, в т.ч. каталог метаданных, геологические данные в виде геологической карты масштаба 1:2 500 000, созданной во ВСЕГЕИ, и базы данных по месторождениям углеводородного сырья России [1].

На данном этапе развития геопорталов все большее значение приобретает направление интеллектуального анализа данных, создание специализированных средств обработки и анализа информации. Примером продвинутого в этом направлении ресурса может служить приложение (реестр геобаротермометров), которое развернуто на виртуальной серверной инфраструктуре ИФЗ РАН (<http://pin.ifz.ru>), сочетающее в себе информационно-справочную систему по методам геобаротермометрии и инструменты для выполнения расчетов с использованием этих методов.

На пути к созданию геопортала «Металлогения» в ГГМ РАН

За последние 20 лет в ГГМ РАН накоплено большое количество собственных, совместных и переданных информационных материалов в виде баз данных, карт, ГИС-проектов и т.п. Попытки создания на основе части этих материалов собственного геопортала, ориентированного на решение исследовательских задач в геологических науках, были начаты еще в 2007 году в рамках программы фундаментальных исследований РАН «Электронная Земля». На основе ГИС-проектов ГГМ РАН был разработан портал «Геология: геодинамика, геохимия, металлогения и электронная картография» (<http://earth.jssc.ru/>), который существует и в настоящее время, но без обновления ресурсов. Была разработана программа кластерного анализа и проведены вычисления на ресурсах Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН [6]. К сожалению, эти работы из-за прекращения финансовой поддержки не получили развития, и грандиозный по замыслу проект так и не был доведен до завершения.

Существенное продолжение имели только работы металлогенической направленности в рамках других программ фундаментальных исследований РАН с участием ГГМ РАН. Результатом стало создание веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» [7], основой которой является база данных «Крупные и суперкрупные» месторождения мира» [5].

Для увеличения возможностей и повышения эффективности использования как можно более широким кругом специалистов именно этого постоянно наращиваемого и корректируемого в ГГМ РАН информационного массива и был создан информационный ресурс, работающий через Интернет. Веб-ГИС содержит инструменты визуализации, поиска и селекции, возможность подключения входящих в него информационных слоев в ГИС-проекты на локальном компьютере, а также экстракции на него, в случае необходимости, выбранных данных. В веб-приложении доступны легенды типов месторождений и сырьевых групп полезных ископаемых, а также шкала крупности месторождений, схемы металлогенических циклов и стратиграфического деления геологической истории Земли [7]. Ресурс существует в двух почти идентичных по содержанию версиях: англоязычной (<http://maps.sgm.ru/MLMDW>) и русскоязычной (<http://maps.sgm.ru/KKMM>).

Однако специализированные веб-приложения не обеспечивают полноты работы с пространственными данными вне задач, заложенных авторами, так как у их пользователей нет возможности самостоятельно добавлять другие данные, нет инструментов поиска нужной информации за пределами приложения. Кроме того, в распоряжении создателей описываемой веб-ГИС есть еще ряд проектов аналогичной направленности, которые могли бы органично дополнить данный ресурс, но имеют иной территориальный охват и масштаб данных. При этом очевидно, что создавать каждый раз отдельные веб-приложения под каждый набор данных целесообразно далеко не всегда. Исходя из этого, было принято решение о создании геопортала «Металлогения».

В начале работ были поставлены следующие задачи:

1. Опубликовать готовые (не требующие переработки) ГИС-проекты в виде веб-сервисов и веб-приложений.
2. Формально описать все материалы (не только доступные онлайн через Интернет, но и офлайн) в виде метаданных.
3. Предоставить инструменты работы с этой информацией без специализированных средств непосредственно на портале.
4. Опубликовать сторонние материалы металлогенической и иной геологической направленности, которые могут быть использованы в металлогеническом анализе.

Таким образом, геоportal «Металлогения» задуман как средство для связывания разрозненных геоинформационных ресурсов в цельный узел

инфраструктуры пространственных данных (ИПД) ГГМ РАН.

На текущий момент не все задачи выполнены в полном объеме, и геоportal пока работает в режиме бета-тестирования. Однако уже сделанное может, по нашему мнению, представлять интерес для специалистов, работающих в том же направлении.

Реализация геопортала «Металлогения»

ИПД ГГМ РАН состоит из файлового сервера, на котором размещаются все ресурсы, и веб-сервера, на котором опубликованы веб-ГИС и вновь созданный геоportal (рис. 1).

Ресурсы геопортала (<http://geoportal.sgm.ru>) и сервера веб-ГИС (<http://maps.sgm.ru>) доступны всем пользователям посредством обычного интернет-браузера, без специализированных инструментов. Специализированные ГИС-инструменты необходимы для доступа к веб-сервисам, опубликованным на ГИС-сервере (<http://gis.sgm.ru>). Пользователи локальной сети ГГМ РАН имеют доступ к файловому серверу со всеми ресурсами.

При технической реализации геопортала использованы:

- операционная система CentOS 7.4;
- поисковая система Elasticsearch 5.6.10, JDK 1.0.8, контейнер сервлетов/веб-сервер Apache Tomcat 8.5.16;
- ГИС-сервер ArcGIS Server 10.1.

Особенностью программно-аппаратной конфигурации является использование виртуального сервера XenServer 7.2.

Основа портала – программный продукт Geoportal Server 2.6.0 компании ESRI. Он был выбран, во-первых, благодаря его подходящим для наших целей характеристикам, а во-вторых, из-за того что это доступный бесплатный продукт с открытым исходным кодом, распространяемый под лицензией Apache License, Version 2.0 (<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>).

Основные особенности Geoportal Server 2.0:

- поддержка OpenSearch (OGC CSW (Catalogue Services for the Web) 3.0.0);
- большое количество форматов метаданных;
- встроенный модуль просмотра элементов, а также возможность создания веб-приложения с использованием Web AppBuilder for ArcGIS;
- поддержка ISO 19115, ISO 19115-2, FGDC, Dublin Core, а также формата метаданных ArcGIS;
- REST API для управления данными в каталоге;
- готовый интерфейс пользователя для поиска по каталогу, просмотра картографической информации, создания и удаления метаданных;

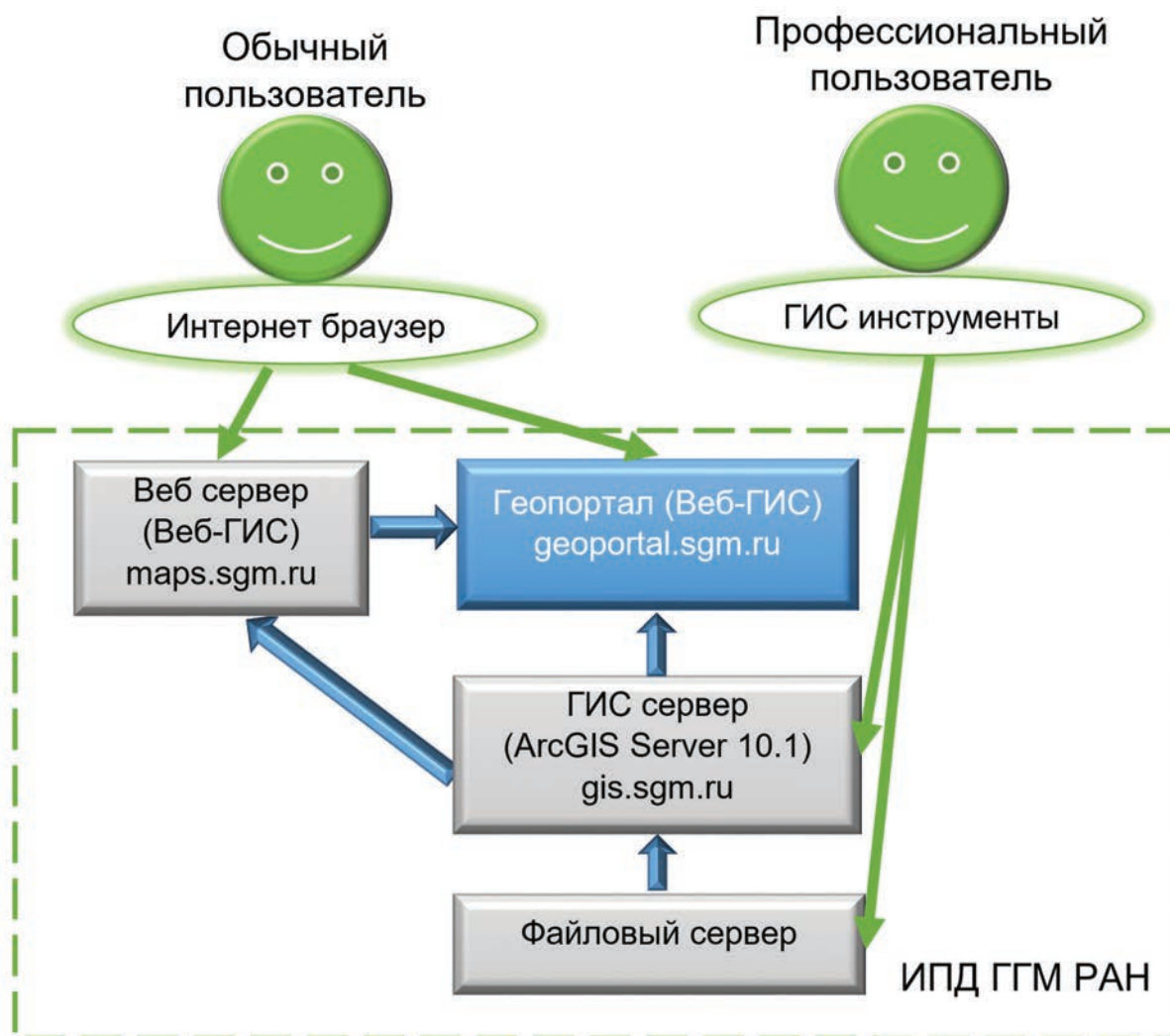


Рис. 1. Схема использования компонентов узла инфраструктуры пространственных данных ИПД ГГМ РАН.
Синие стрелки – взаимодействие компонентов узла;
зеленые стрелки – использование его компонентов пользователями

Fig. 1. Logic scheme for the node of the spatial data infrastructure in SGM RAS. Blue arrows show communications among components of the node, and green arrows show the usage of the components by clients

- готовое приложение для сбора метаданных (Harvester);
- сбор данных из каталогов WAF (Web Accessible Folder) и CSW (Catalogue Services for the Web);
- публикация результатов сбора локально или на геопортале;
- легко реализуемая возможность расширить функции приложения путем программирования.

Ядром геопортала является каталог метаданных. Набор информации, хранимый в каждой единице каталога, ничем не ограничен, что позволяет настроить метаданные так, чтобы как можно полнее отразить специфику конкретного каталогизируемого объекта.

Геоportal в настоящее время имеет следующую структуру:

- главная страница геопортала («Main»);
- каталог метаданных («Catalog»);
- картографическое приложение (интерактивная карта «Map»);
- страница проекта «Крупнейшие месторождения мира» («WMLD»);
- страница проекта «Металлогениическая зональность докембрия» («PMZ»);
- страница вспомогательных материалов («Help»);
- страница описания портала, лицензий, контактов («About»).

На главной странице геопортала (<http://geoportal.sgm.ru>) размещается информация о входящих в его состав проектах, а также ссылки на разделы портала, через которые можно в них войти (рис. 2).

Рабочая страница каталога (рис. 3) дает возможность найти интересующие конкретного пользователя ресурсы с помощью фильтров и поиска, а также предварительно просмотреть содержимое найденного элемента, просмотреть или скачать метаданные в форматах HTML, JSON. Ресурсы в виде веб-сервисов можно добавить на карту и просмотреть в картографическом приложении. Авторизованному пользователю доступны редактирование, импорт, удаление метаданных.

На странице с интерактивной картой (рис. 4) можно работать с ресурсами, опубликованными на нашем геопортале, а также на ряде других геопорталов (USGIN Geoportal, California Geoportal).

На данный момент геопортал «Металлогения» предоставляет доступ к следующим информационным ресурсам:

- Информационный слой «Крупнейшие месторождения мира»;
- Тектоническая карта мира, 1:25 000 000;
- Геологическая карта мира, 1:25 000 000;
- «Атлас металлогенической зональности докембрия мира», 1:10 000 000:
 - Карта докембрийских отложений;
 - Металлогенические зоны докембрия;
 - Информационный слой «Месторождения докембрия».
- Картографические врезки с геологической и металлогенической информацией, 1:2 500 000: Балтийский щит, Украинский щит, Воронежский массив, Алдан-Становой хребет, Енисейский кряж, Восточные Саяны, Байкальский регион.

Информационный слой «Крупнейшие месторождения мира» и, соответственно, веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» содержат информацию уже по 1860 месторождениям 33 видов важнейших (кроме горючих) полезных ископаемых

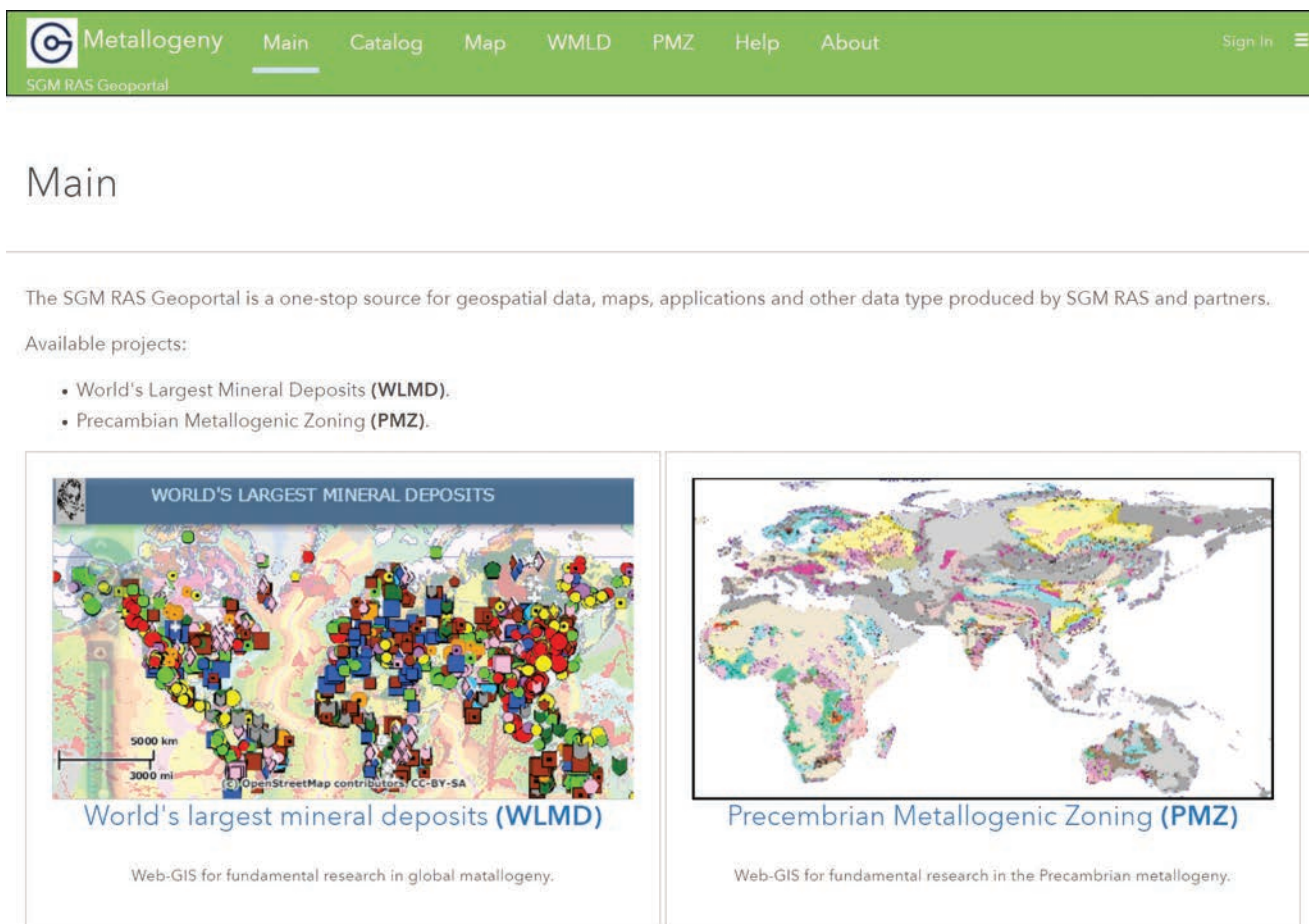


Рис. 2. Главная страница геопортала «Металлогения»

Fig. 2. Main page of the «Metallogeny» geoportal

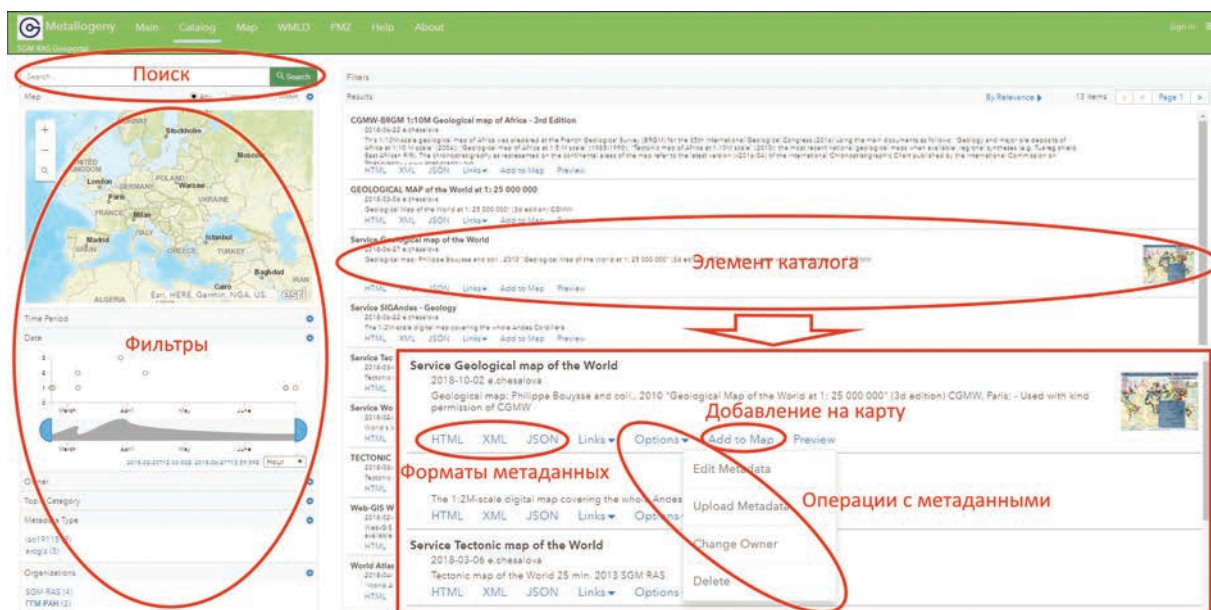


Рис. 3. Каталог метаданных геопортала «Металлогения» и доступные для работы в нем инструменты

Fig. 3. Metadata catalog of the «Metallogeny» geoportal and available tools to operate in it

(на 20.10.2018) и постоянно пополняются и редактируются. Описание объектов содержит разноплановую информацию:

- а) местонахождение: страна, провинция, координаты в десятичном формате;
- б) виды сырья в объекте и их значимость в нем;
- в) масштаб суммарных ресурсов для основных полезных ископаемых с учетом прошлой добычи (крупные или суперкрупные);
- г) металлогенический тип и генезис;
- д) возраст рудогенеза с привязкой к таксонам действующей Международной стратиграфической шкалы и кластерам геологического времени протяженностью в 25 млн лет;
- е) минералогия руд;
- ж) вмещающие породы;
- з) эксплуатационный статус;
- и) все объекты индексируются по их принадлежности к укрупненным группам металлогенических типов, родственных по генетическим моделям (гранитогенные, терригенно-осадочные, осадочно-эпигенетические в карбонатных толщах и т.д.), классам полезных ископаемых (черные металлы, благородные металлы и т.д.), принадлежности к геоисторическому суперконтинентальному циклу.

Тектоническая карта мира содержит сведения о размещении площадных и линейных тектонических объектов (раннедокембрийские щиты и срединные массивы, неопротерозойско-фанерозойские

складчатые комплексы, платформенные чехлы, рифты и авлокогены, разломы и т.д.) с привязанной к ним атрибутивной информацией о типе структуры и ее возрасте. Базовый масштаб данного сервиса: 1:25 000 000.

«Атлас металлогенической зональности докембрия мира» создавался в 1996-2008 гг. в рамках международного проекта комиссии по геологической карте Мира при ЮНЕСКО. В атласе представлены различные типы докембрийских тектонических подразделений, литология породных ассоциаций, металлогения (металлогенические провинции, зоны, база данных по месторождениям полезных ископаемых). Последовательность проявления геологических, тектонических и рудообразующих процессов показаны на металлогенограммах, сопровождающих карты. Его первая редакция в 2002 г. распространялась на CD-ROM ограниченным тиражом [10]. После этого в ГИС-проект был внесен ряд изменений и добавлений на основе информации, ставшей доступной его авторам в период 2002-2008 гг. Эта обновленная редакция проекта и реализована на геопортале. Последние 10 лет новые данные не вносились, но в значительной степени проект еще актуален.

Пример использования возможностей геопортала для решения металлогенических задач

Параллельно с работами по созданию геопортала «Металлогения» в ГГМ РАН ведутся

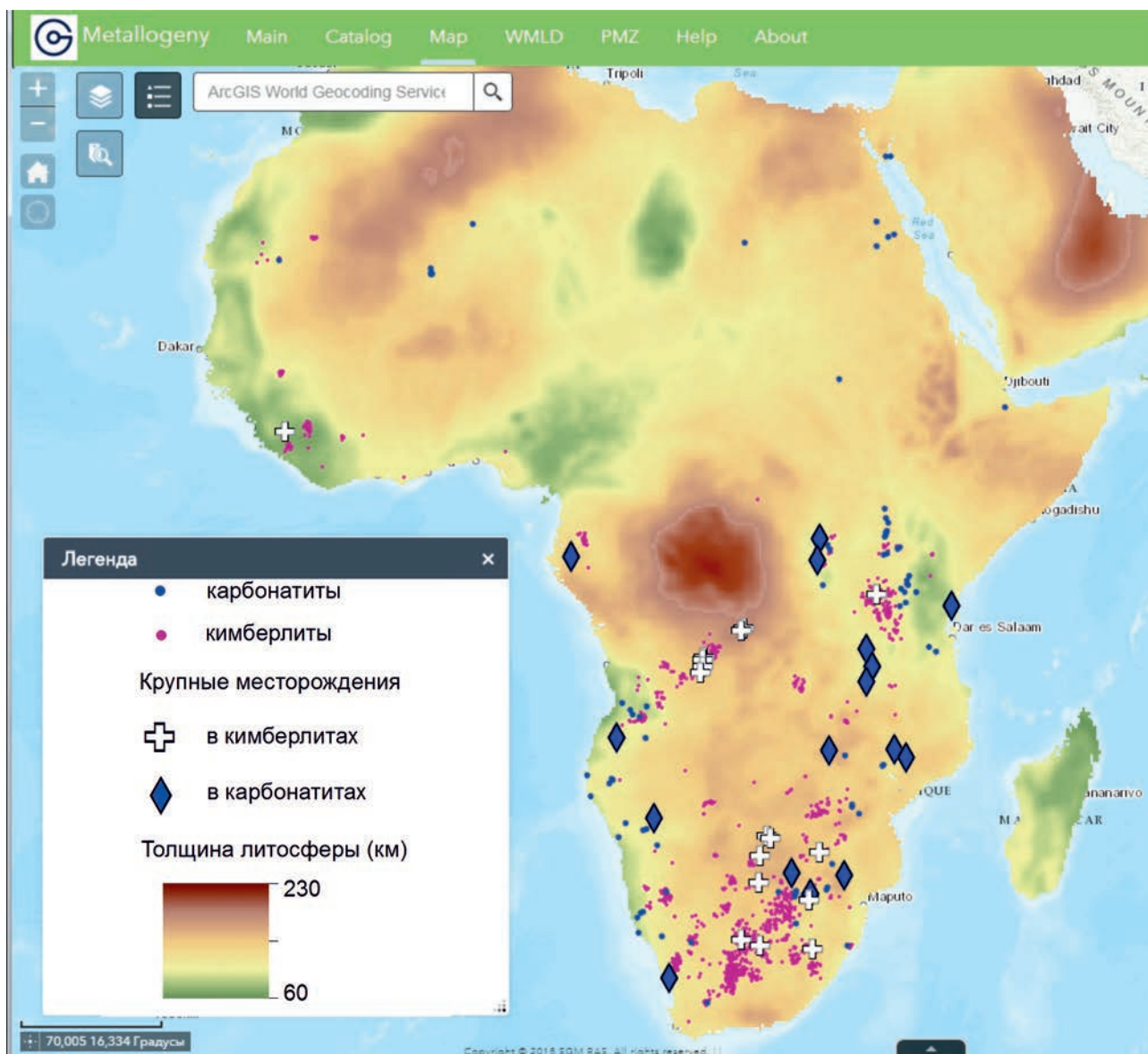


Рис. 4. Картографическое приложение геопортала «Металлогения». Показан элемент решения одной из текущих задач, находящихся в работе у авторов. Представлено распределение мощностей литосферы в Африке, проявлений карбонатитового и кимберлитового магматизма, а также крупных месторождений, связанных с этими проявлениями. Более подробные объяснения см. в тексте статьи

Fig. 4. Map application of the «Metallogeny» geoportal. There is a fragment of a solution used by authors in one of their current studies. Following subjects in Africa are shown: distribution of lithospheric thickness, carbonatite and kimberlite occurrences, and large mineral deposits related to the occurrences. See the text for details

фундаментальные научные исследования соответствующей названию геопортала направленности, которые уже используют некоторые его возможности. В частности, в стадии решения находится задача по выяснению возможного существования зависимости между мощностью литосферы и размещением крупных месторождений, связанных с карбонатитовым и кимберлитовым магматизмом.

Если исходить из широко принятой петрологической модели, то формирование первичных материнских магм для месторождений таких типов происходит в пограничной зоне астеносферы и литосферной мантии в интервале глубин 150-250 км [2]. При этом остается непонятным, любая ли мощность литосферы благоприятна для возникновения крупных месторождений в проявлениях магматизма,

зафиксированных к настоящему моменту на эрозионном срезе.

В качестве начального объекта анализа была взята территория Африки, для которой существует наиболее детально проработанная модель распределения мощностей континентальной литосферы [9]. С этой моделью в картографическом приложении геопортала ГТМ РАН были совмещены совпадающие по территории охвата выборки из глобальных баз данных проявлений карбонатитового [11] и кимберлитового [8] магматизма (рис. 4). Металлогеническую часть анализа обеспечила выборка крупных и суперкрупных месторождений (КСКМ) соответствующих типов из веб-приложения «Крупнейшие месторождения мира» [7], которое уже включено в каталог геопортала.

Даже при простой визуализации перечисленных данных легко заметить, что ареалы распространения кимберлитового и карбонатитового магматизма в большинстве случаев тяготеют к одним и тем же регионам, но имеют между собой ограниченное перекрытие. Для получения более точных параметров различия и сходства по всем совмещенным информационным слоям был проведен анализ распределения, результаты которого представлены на гистограммах (рис. 5).

Выяснилось, что значения мощностей литосферы Африки находятся в интервале 58-231 км, причем мощности менее 110 км и более 210 км распространены незначительно, а наиболее широко представлены области с литосферой 145-185 км. При этом карбонатитовый магматизм проявлен

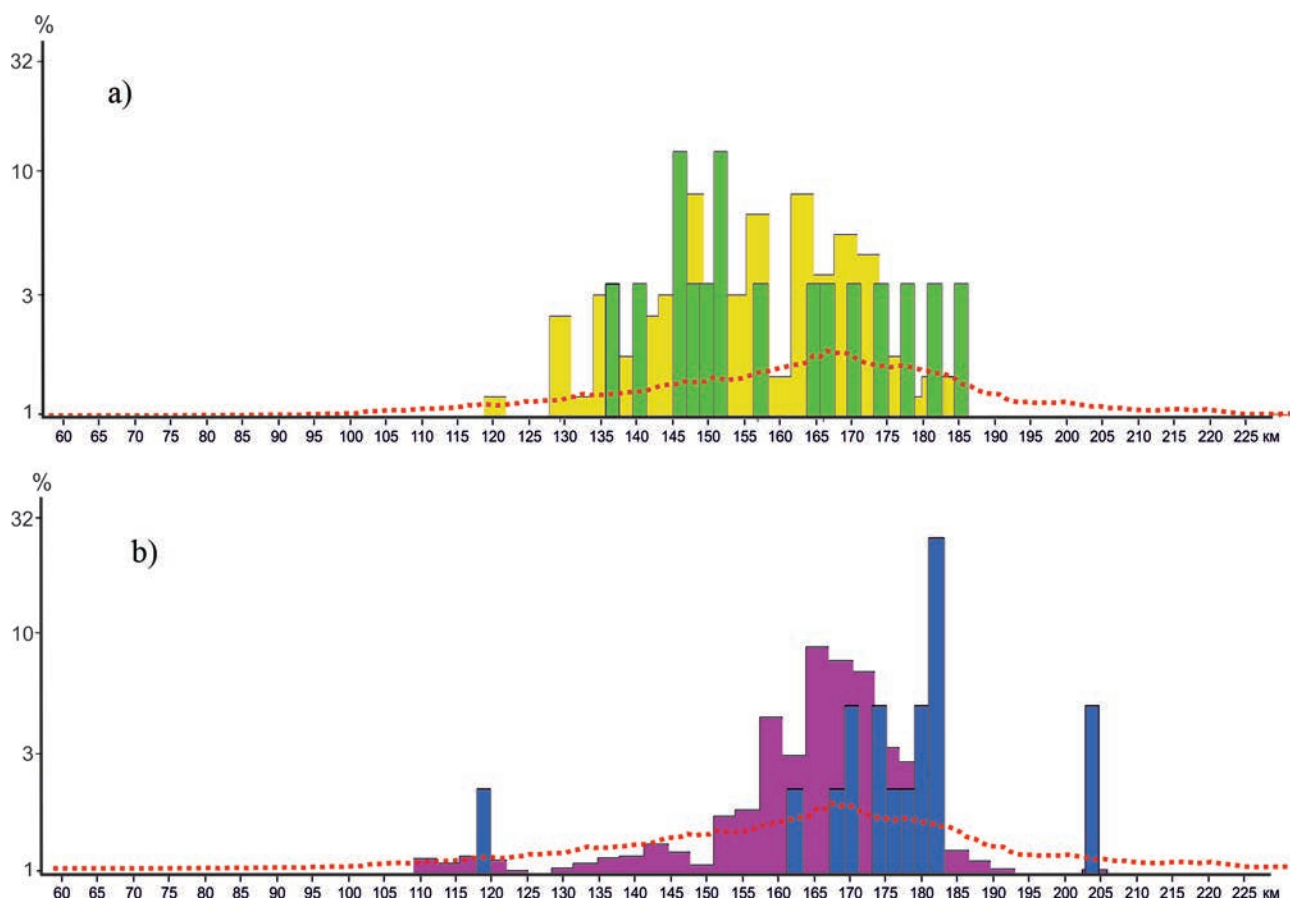


Рис. 5. Сопоставление распределения мощности литосферы в Африке (красная точечная линия) с соответствующим распределением проявлений карбонатитового и кимберлитового магматизма, а также связанных с ними крупных месторождений полезных ископаемых:

а) гистограммы распределения проявлений карбонатитового магматизма (желтая) и КСКМ в них (зеленая); б) то же самое для кимберлитового магматизма (фиолетовая) и КСКМ в них (синяя). Вертикальная шкала процентов – логарифмическая

Fig. 5. Comparison of a distribution of lithospheric thickness in Africa (red dotted line) with corresponding distributions of carbonate and kimberlite occurrences, and also with large mineral deposits related to the occurrences: a) distribution histograms of carbonate occurrences (yellow) and large mineral deposits related to the occurrences; b) the same for kimberlite occurrences (violet) and related large mineral deposits (blue). The vertical percentage scale is logarithmic

в районах с мощностью литосферы 120-185 км. Карбонатитовые КСКМ (Nb, TR, P, F) выявлены в тех его проявлениях, что подстилаются литосферой 135-185 км. Наблюдается максимум карбонатитовых КСКМ в интервале мощностей 145-152 км (рис. 5а).

Кимберлитовый магматизм проявлен в более широком интервале мощностей литосферы, чем карбонатитовый – 110-205 км. Наиболее типичны кимберлиты в интервале 150-185 км, что близко с карбонатитовым максимумом (рис. 5б). Основная масса КСКМ алмазов встречена в областях мощностей 162-182 км с максимальной интенсивностью при 168-182 км. Единичные КСКМ установлены в районах с мощностью литосферы 120 и 205 км.

Таким образом, намечены черты сходства и различия между размещением КСКМ в карбонатитах и кимберлитах в зависимости от мощности подстилающей литосферы. Однако обобщающие выводы будут сделаны после аналогичной обработки информации по другим регионам, где проявлен рудопродуктивный карбонатитовый и кимберлитовый магматизм.

Заключение

Разрабатываемый геопортал «Металлогения» является ключевым элементом узла ИПД ГГМ РАН. Он отвечает всем основным требованиям к современным геопорталам: содержит каталог метаданных с поиском, фильтрацией, редактированием метаданных, имеет средства визуализации пространственной информации на карте и инструменты по работе с геоданными.

Геопортал предназначен и находится в открытом доступе для всех заинтересованных пользователей: ученых, геологов-практиков, аспирантов, студентов и любых других специалистов, использующих ГИС-технологии в области анализа геологической, но особенно – металлогенической информации. Сторонние пользователи также имеют полноценную возможность публиковать метаданные на геопортале, как это уже сделано с частью данных ГГМ РАН.

Уже в настоящее время геопортал задействован в выполнении научных металлогенических исследований, которые используют предоставляемые возможности анализа распределенных данных. Эти данные размещаются как на серверах ГГМ РАН, так и на сторонних серверах. Также возможно использование веб-сервисов, описанных на геопортале, с помощью внешних инструментов в ГИС-проектах пользователей через сеть Интернет.

Работа над геопорталом продолжается как в аспекте его информационной насыщенности, так и расширения доступного для всех пользователей инструментария.

Статья написана по материалам, полученным по проекту №0140-2018-0003 государственных работ ГГМ РАН.

Ключевые слова: геопортал, геоинформационная система, веб-приложение, веб-сервис, металлогения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березко А.Е., Соловьев А.А., Красноперов Р.И., Рыбкина А.И. Интеллектуальная аналитическая геоинформационная система «Данные наук о Земле по территории России» // Environment. Technology. Resources : Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference, Rēzekne, Latvia, 25-27 june 2009 / Rēzeknes Augstskola. – V. 1. – Rēzekne : RA Izdevniecība, 2009. – P. 215-221.
2. Богатилов О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли: связь во времени и в пространстве. – М. : Наука, 2010. – 606 с. (Труды ИГЕМ РАН, Новая серия ; вып. 3).
3. Кошкарев А.В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами // Пространственные данные. – 2008. – № 2. – С. 6-14.
4. Наумова В.В., Горячев И.Н. ГИС-портал «Геология и геофизика Дальнего Востока России»: интеграция пространственных данных и сервисов // Геоинформатика. – 2013. – № 2. – С. 12-19.
5. Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых / Д.В. Рундквист, А.В. Ткачев, С.В. Черкасов, Ю.Г. Гатинский, П.О. Соболев, С.А. Тихоцкий, Т.В. Романюк, Н.А. Павленкова, А.И. Горшков, А.А. Соловьев, И.И. Абрамович, А.Б. Вревский, В.Я. Хильтова, Н.В. Вишневская, Е.И. Чесалова, Е.Е. Арбузова, И.О. Лебедев, Н.И. Кутузова. – Т. 1: Глобальные закономерности размещения. – М. : ИГЕМ РАН, 2006. – 390 с.
6. Ряховский В.М., Шульга Н.Ю. Принципы работы и архитектура интернет-портала «Геология» // Мониторинг. Наука и технологии. – 2009. – № 1. – С. 78-88.
7. Ткачев А.В., Булов С.В., Рундквист Д.В., Похно С.А., Вишневская Н.А., Никонов Р.А. Веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 47-59.
8. Faure S. World kimberlites CONSOREM database (version 3), 2010. – URL: https://consorem.uqac.ca/kimberlite/world_kimberlites_and_lamproites_consorem_database_v2010.xls (date of access: 12.10.18).
9. Globig J., Fernández M., Torne M., Vergés J., Robert A., Faccenna C. New insights into the crust and lithospheric mantle structure of Africa from elevation, geoid, and thermal analysis // J. Geophys. Res. : Solid Earth. – 2016. – V. 121, Issue 7. – P. 5389-5424. Supporting Dataset 3.

10. Rundkvist D.V., Cherkasov S., Bozhko N., Dage-laysky V., Turchenko S., Larin A. World atlas of the Precambrian metallogenic zoning. Scale 1:10 000 000 – 1:2 500 000 / SGM RAS ; IGGPRAS ; VNIIGeosystem. – Paris : CCGM, 2002. – CD-ROM.

11. Woolley A.R., Kjarsgaard B.A. Carbonatite occurrences of the world: Map and database // Geological Survey of Canada, Open File 5796. – 2008. – 28 pages, 1 sheet. – 1 CD ROM.

REFERENCES

1 Berezko A., Solovjov A., Krasnoperov R., Ribkina A. Intellectual analytical geoinformation system «Earth science data for the territory of Russia» // Environment. Technology. Resources : Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference, Rezekne, Latvia, 25-27 June 2009. Rēzeknes Augstskola. V. 1. Rēzekne : RA Izdevniecība, 2009. P. 215-221.

2. Bogatkov O.A., Kovalenko V.I., Sharkov E.V. Magmatism, tectonics, geodynamics of the Earth: Spatiotemporal relationships. Moscow : Nauka Publishing House, 2010. 606 p. (Transactions of the IGEM RAS. New series ; Iss. 3)

3. Koshkarev A.V. A geoportal as a tool to manage spatial data and geoservices // Prostranstvennyye dannye (Spatial Data). 2008. No. 2. P. 6-14.

4. Naumova V.V., Goryachev I.N. «Geology and Geophysics of the Russian Far East»: GIS-portal that integrates spatial data and services // Geoinformatika. 2013. No. 2. P. 12-19.

5. Large and superlarge mineral deposits / D.V. Rundqvist, A.V. Tkachev, S.V. Cherkasov, Yu.G. Gatinsky, P.O. So-

bolev, S.A. Tichotsky, T.V. Romanyuk, A. Pavlenkova, A.I. Gorshkov, A.A. Solovioy, I.I. Abramovich, A.B. Vrevsky, V.Ya. Khiltova, N.V. Vishnevskaya, E.I. Chesalova, E.E. Arbuzova, I.O. Lebedev, N.I. Kutuzova. V. 1. Global distribution regularities. – Moscow : IGEM RAS, 2006. – 390 p.

6. Ryakhovsky V.M., Shulga N.Yu. Principles of work and architecture of the «Geology» Internet-portal // Monitoring. Nauka i tehnologii (Monitoring. Science & Technologies). 2009. No. 1. P. 78-88.

7. Tkachev A.V., Bulov S.V., Rundqvist D.V., Pokhno S.A., Vishnevskaya N.A., Nikonov R.A. WEB GIS «World's Largest Mineral Deposits» // Geoinformatika. 2015. No. 1. P. 47-59.

8. Faure S. World kimberlites CONSOREM database (version 3), 2010. URL: https://consorem.uqac.ca/kimberlite/world_kimberlites_and_lamproites_consorem_database_v2010.xls (date of access: 12.10.18).

9. Globig J., Fernández M., Torne M., Vergés J., Robert A., Faccenna C. New insights into the crust and lithospheric mantle structure of Africa from elevation, geoid, and thermal analysis // J. Geophys. Res. : Solid Earth. 2016. V. 121, Issue 7. P. 5389-5424. Supporting Dataset 3.

10. Rundkvist D.V., Cherkasov S., Bozhko N., Dage-laysky V., Turchenko S., Larin A. World atlas of the Precambrian metallogenic zoning. Scale 1:10 000 000 – 1:2 500 000 / SGM RAS ; IGGPRAS ; VNIIGeosystem. Paris : CCGM, 2002. CD-ROM.

11. Woolley A.R., Kjarsgaard B.A. Carbonatite occurrences of the world: Map and database // Geological Survey of Canada, Open File 5796. 2008. 28 pages, 1 sheet. 1 CD ROM.