



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН

Абрау-2019 • Труды конференции



Д.А. Варламов, К.К. Подлесский,
Т.Н. Докина, Н.А. Дрожжина,
О.Л. Самохвалова

**Мультимедийные
Web-ориентированные базы данных в
науках о Земле (кристаллохимия,
минералогия, петрология)**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Варламов Д.А., Подлесский К.К., Докина Т.Н., Дрожжина Н.А., Самохвалова О.Л. Мультимедийные Web-ориентированные базы данных в науках о Земле (кристаллохимия, минералогия, петрология) // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции (23-28 сентября 2019 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2019. — С. 198-209. — URL: <http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/89.pdf>
doi:[10.20948/abrau-2019-89](https://doi.org/10.20948/abrau-2019-89)

Размещена также [презентация к докладу](#)

Мультимедийные Web-ориентированные базы данных в науках о Земле (кристаллохимия, минералогия, петрология)

**Д.А. Варламов¹, К.К. Подлесский², Т.Н. Докина¹, Н.А. Дрожжина¹,
О.Л. Самохвалова¹**

¹*Институт экспериментальной минералогии РАН, г.Черноголовка, РФ*

²*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г.Москва, РФ*

Аннотация. Рассмотрена классификация Информационно-научных Интернет-ресурсов в области наук о Земле, в том числе мультимедийных Web-ориентированных баз данных в области геохимических наук. В качестве примеров приведены разработанные авторами информационно-вычислительные системы (ИВС) «WWW-Mincrust» по структурам и кристаллохимии минералов (более 10700 структур для 4400 минералов и их аналогов) и «WWW-Sapphirine» по петрологии сапфиринсодержащих ассоциаций высокометаморфизованных пород мира (почти 2000 составов сапфиринов и до 2500 сосуществующих минералов). Описаны методы реализации систем, их основные компоненты: базы данных, комплексы интеллектуальных средств поиска и выбора информации, средства мультимедийного представления информации, средства формирования перекрестных ссылок и использования вспомогательной информации.

Ключевые слова: Интернет-ориентированные системы, минералы, кристаллохимия, базы данных, поисковые критерии, интерактивные апплеты

Multimedia Web-based databases in Earth sciences (crystal chemistry, mineralogy, petrology)

**D.A. Varlamov¹, K.K.Podlesskii², T.N. Dokina¹, N.A. Drozhzhina¹,
O.L. Samokhvalova¹**

¹*Institute of Experimental Mineralogy of Russian Academy of Sciences
Russia, Chernogolovka, Moscow region*

²*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of
Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*

Abstract. Classification of Informational and scientific Internet resources in the field of Earth's sciences, including the multimedia Web-oriented databases in the field of geochemical sciences is considered. The examples are the WWW-Mincrust information and computing systems developed by the authors on mineral structure and crystal chemistry (more than 10,700 structures for 4,400 minerals and their analogues) and WWW-Sapphire on the petrology of sapphire-containing associations of highly metamorphosed rocks of the world (almost 2,000 sapphire and up to 2,500 coexisting minerals). The methods for implementing the systems, their main components are described: databases, complexes of intelligent tools for searching and selecting information, tools of multimedia presentation of information, tools of forming cross-references and the use of auxiliary information.

Keywords: Internet-oriented systems, minerals, crystal chemistry, databases, search criteria, interactive multimedia applets, sapphireine.

Информационно-научные Интернет-ресурсы (в том числе по наукам о Земле) могут быть подразделены [1] по типу содержания на следующие базовые категории:

- описательные (коллекции статей, монографий, лекций, описаний, в том числе в Wiki-формате);
- событийные (мониторинг событий, актуальные новости, конференции);
- дискуссионные (форумы, обсуждения, вопросы-ответы);
- справочные (базы данных, каталоги, библиотеки);
- интерактивные мультимедийные (моделирование объектов и процессов, специализированные расчеты, ГИС, демонстрационные программы).

Представление в Интернете баз данных и интерактивных ресурсов до сих пор вызывает определенные технические и концептуальные трудности. К главным проблемам относится разнородные (зачастую несопоставимые между собой) структуры гетерогенных данных, отсутствие стандартов представления специализированной информации, «разнообразие» интерфейсов к существующим базам данных, различия в задачах агентов поиска и автоматических компиляторов информации и форм ее представления.

Авторы на примере двух информационно-вычислительных веб-ориентированных систем (ИВС), объединяющих описательные, справочные и мультимедийные ресурсы, показывают варианты создания, поддержки и актуализации удобных (на наш взгляд) для пользователей интерактивных систем представления специализированных данных.

ИВС «WWW-Sapphire» и ее реализация

На основе ранее собранного из литературных источников банка данных [2, 3] по составам минералов сапфириносодержащих ассоциаций высокометаморфизованных пород мира в 2013 году была создана Интернет-ориентированная база данных (БД) «WWW-Sapphire» [4], размещенная по адресу (<http://sapphire.iem.ac.ru>). В 2019 году она была значительно пополнена

и переработана. Основное назначение БД – предоставление открытого Интернет-доступа пользователям (петрологи, геохимики, минералоги, геологи) к информации по минеральным ассоциациям и химизму минералов для широкого спектра описанных в литературе сапфиринсодержащих парагенезисов, которые отвечают высокометаморфизованным геологическим парагенезисам практически всех регионов мира. БД обеспечивает комплексный поиск по ряду наиболее часто используемых критериев: местонахождение, сосуществующие и/или отсутствующие в парагенезисе минералы, химизм сапфиринов и ассоциирующих минералов, литературные источники. Полученная в результате поиска информация представляется пользователям в виде кратких и полных таблиц, включающих весь спектр данных (местонахождение, литературный источник, минеральная ассоциация, химические составы сапфиринов, кристаллохимия и рассчитанные характеристические параметры). Таблицы также содержат перекрестные ссылки на первичные литературные источники и таблицы с составами сосуществующих минералов (пироксены, гранаты и т.п.) в выбранных образцах (реализована и обратная связь). Для полученных массивов данных возможно построение бинарных и треугольных диаграмм как для типичных, часто используемых вариантов графиков, так и для координат, выбираемых пользователем.

БД WWW-Sapphirine доступна без ограничений как web-сервис на сервере баз данных Института экспериментальной минералогии РАН и основана на технических решениях, созданных в рамках ИВС WWW-MINCRYST (см.ниже). Объем данных на сентябрь 2019 года – почти 2000 записей для собственно сапфирина, до 2500 – для ассоциирующих с ним минералов и почти 400 – для использованных литературных источников. БД WWW-Sapphirine является двуязычной, включая содержание и языки интерфейса: русский и английский.

В ближайшем будущем, помимо пополнения БД фактологическим материалом и улучшения ее функциональности, планируется ввести элементы для интерактивной пользовательской обработки данных: статистические выборки, расчет трендов составов, оценки P-T параметров по выбранным геотермобарометрам.

ИВС «WWW-Mincrust» и ее реализация

В конце 1997 г. на основе возникших первых средств разработки интерактивных Интернет-ресурсов была реализована база данных WWW-MINCRYST, ставшая одним из первых интерактивных Интернет-ресурсов в области наук о Земле в России и в мире [5]. Инициатором работ был заведующий группой РСА ИЭМ РАН выдающийся кристаллограф А.В. Чичагов (увы, скончавшийся в 2010 году). Целью ресурса стало обеспечение интерактивного Интернет-доступа пользователям к большим массивам минералого-кристаллохимической информации. Фактологической основой WWW-MINCRYST послужили накопленные с 1985 года литературные данные

по кристаллическим структурам минералов, сведенные в локальную базу данных (на основе литературных источников и авторских аналитических данных — всего около 3500 объектов на старте проекта). Далее, была создана ИВС WWW-MINCRYST (<http://mincryst.iem.ac.ru>) с инструментами по интерактивной обработке данных и их анализу. Основы идеологии и технологии ИВС описаны здесь [6-8]. ИВС WWW-MINCRYST изначально опиралась на использование Интернет-технологий и стала одним из пионерских интерактивных научных Интернет-ресурсов как в России, так и в мире (в области наук о Земле). Первый полностью работоспособный вариант WWW интерфейса был создан в рамках гранта РФФИ № 96-07-89162 и представлен пользователям в декабре 1997 года, т.е. ИВС функционирует, развивается и активно востребована пользователями почти 22 года.

Цель создания ИВС WWW-MINCRYST – обеспечить максимально широкий круг пользователей во всех областях науки, оперирующих с кристаллическим веществом (геология, геохимия, кристаллография, физика твердого тела, физика поверхности, материаловедение и т.п.) достоверной и актуальной информацией в области структурной кристаллохимии минералов, их синтетических аналогов и элементов, развить методы обработки и визуализации кристаллоструктурных данных.

В ходе проекта ИВС WWW-MINCRYST нарастил свой информационный фонд почти в 3 раза (более чем на 7500 объектов) и по праву вошел в первые ряды рентгеноструктурных и кристаллохимических баз данных, связанных с изучением минерального вещества, как по оценкам пользователей, так и по мнению составителей отраслевых каталогов информационных ссылок.

Базовые компоненты ИВС и техническая реализация

Основным компонентом ИВС WWW-MINCRYST является собственно база данных или Информационный фонд (на сентябрь 2019 года — более 10700 информационных объектов для почти 4400 уникальных фаз, включая 4200 природных минералов и 200 синтетических фаз, не имеющих пока натуральных аналогов). Информационный объект (карточка) состоит из 4 базовых таблиц с 60 фиксированными и до 130 дополнительными полями (число последних варьирует в зависимости от сложности структуры) и 4 индексированных бинарных файлов. Поддерживается иерархическая система индексов. Общий объем базы данных составляет около 600 Мбайт.

Информационный фонд содержит информацию о большинстве минеральных видов (около 4200 из почти 5500 официально признанных на март 2019 года International Mineralogy Association – <http://www.ima-mineralogy.org/Minlist.htm>), кристаллические структуры которых расшифрованы к настоящему времени. Помимо природных минеральных видов, в базе данных представлены синтетические минералы – их структурные аналоги, отличающиеся по составу (например, с заменой одного из катионов), и неорганические соединения (силикаты, фосфаты, бораты и др.), близкие по

свойствам к природным веществам. Информационный фонд содержит данные структурных работ из более 130 иностранных и отечественных журналов за период от 1930-х годов по настоящее время. Ежегодный прирост новых или заново переопределенных/уточненных кристаллических структур минералов и их аналогов достаточно значителен, чтобы требовалась постоянная актуализация информационного фонда (в среднем, до 350-450 *новых* структур в год + 150-200 структур, подвергнутых ревизии и изменениям). В последние годы основной акцент был сделан на новые минералы, активно пополняемые в том числе российскими исследователями.

Пользовательский интерфейс ИВС WWW-МИНКРИСТ представляет собой многоуровневую информационную двуязычную (РУС/ENG языки интерфейса/компонентов и названия минералов) систему. В интерфейс входят: (а) комплексные поисковые интерфейсы, использующие как критерии поиска (в различных комбинациях) названия минералов, химический состав, кристаллоструктурные параметры, литературные ссылки и вспомогательную информацию, причем возможны комбинации поисковых признаков; (б) модули мультимедийного представления информации (интерактивные полиэдрические и шаровые структуры, линейчатые и непрерывные спектры — через Java-апплеты WWW-CrystPic и WWW-MixiPol; (в) классификационные схемы нескольких авторов; (г) модули организации взаимосвязей с внешними информационными ресурсами через систему динамически формируемых ссылок; (д) WWW-ориентированный инструментарий разработчика (включая систему импорта, проверки и редакции данных, а также архивации и резервного копирования).

Технологически ИВС WWW-MINCRYST как web-сервис реализована на "классической" связке Linux-Apache-MySQL-PHP (LAMP) с использованием JavaScript и (для интерактивных апплетов) Java (на базе Sun/Oracle JDK). Размещена ИВС на сервере баз данных ИЭМ РАН, доступ не лимитирован. На старте проекта ИВС WWW-MINCRYST стала в 1998 году (в реализации на ОС Digital Unix) одной из первых интернет-ориентированных баз данных в России, использовавших данную технологию, причем до сих пор она несколько не потеряла свою технологичность на стороне сервера. В 2004 году ИВС была реализована в среде Linux, в 2015 проведена миграция базы данных с проприетарной СУБД MySQL на свободно распространяемую СУБД MariaDB (<https://mariadb.org>) для сохранения свободного статуса ИВС. В настоящее время ИВС размещена на сервере со следующими параметрами – CPU Intel Core i5-2400@3.10GHz x 4 ядра, RAM 24 Gb, disk array SSD 128 Gb + 2x2 Tb WD RE 2000, GPU Nvidia Kepler GTX 770, программно – Apache HTTPD server 2.4.6, PHP script language 5.4.16, MariaDB database 5.5.40.

Основным источником информации для ИВС служат журнальные статьи. Извлеченная кристаллоструктурная информация помещается (в соответствии со специальным форматом записи) в ASCII-файл с последующей программной экспертизой (проводимой авторами-экспертами на локальных ПК) по

результатам расчета межатомных расстояний и других кристаллоструктурных характеристик и, в случае положительного решения, импортируется в ИВС специальными средствами через web-интерфейс как в виде единичных записей, так и пакетов записей (до нескольких сот) с входным контролем данных, что позволяет проводить постоянную актуализацию информационного фонда. Также реализована возможность редактирования записей в on-line режиме, их удаления, замены служебных файлов записей, архивации и восстановления базы данных через web-интерфейс.

Информационная запись для индивидуального кристаллического вещества содержит информацию о названии (в соответствии с классификацией International Mineralogy Association или рекомендациями по наименованию неорганических веществ IUPAC), химическом составе, симметрии, параметрах элементарной ячейки, координатах атомных позиций с изотропными температурными факторами и заселенностями, информацию о межплоскостных расстояниях, HKL-индексах и интенсивностях сильнейших рефлексов рентгенодифракционной картины поликристалл-фазы, а также ссылки на соответствующие публикации по расшифровке или уточнению кристаллической структуры. Запись может быть специфицирована по полезным свойствам, особенностям химического состава и структуры, P-T условиям синтеза, принадлежности к условным минеральным группам. Каждая запись содержит "монокристалльные" и "поликристалльные" характеристики кристаллической фазы. Минералы классифицированы в соответствии с таксонами структурно-химических классификаций А.А. Годовикова, М. Чириотти, Г.Б. Бокия. Для 2500 фаз сделаны экспресс-оценки потенциальной энергии кристаллической решетки. В настоящее время создается система расчета содержаний элементов в соответствии с идеальной и реальной формулами минерала.

В ИВС реализована система поиска фаз по отдельным наборам или комплексу критериев: название минерала (полное или частичное, по спецификации, в составе общеупотребительных групп типа цеолитов, алфавитные списки), химический или элементный состав в различных комбинациях (присутствие/отсутствие элементов, их комбинации, устойчивые химические группы, химические классы веществ), кристаллоструктурные характеристики (симметрия, пространственные группы, параметры элементарной ячейки, межплоскостные расстояния $d(hkl)$), что в сочетании с химическим (элементным) составом дает возможность прямого интерактивного качественного рентгенофазового анализа по результатам измерений. В систему поиска добавлен поиск по классификационным параметрам нескольких кристаллохимических и структурных классификаций (Годовиков, Чириотти, Бокий). Система поиска по этим параметрам обеспечивает поиск (и группировку) минералов по указанным низшим и промежуточным таксонам классификаций. По ряду параметров поиска ИВС WWW-MINCRYST до сих пор не имеет аналогов среди минералого-кристаллографических баз данных.

По результатам поиска пользователь получает ссылку на список фаз, отвечающих поисковым критериям, с указанием ID записи, названия фазы, формулы и пространственной группы с возможностью последующего перехода по гиперссылке. В случае единичного успешного ответа пользователь сразу автоматически переводится на найденный объект, если найдена группа объектов – предлагается список выбора.

В 2017-2019 годах в систему поиска по химическому составу сделаны важные дополнения для поиска по устойчивым сочетаниям элементов (типа анионов/катионов: SO_4 , CO_3 ; нейтральных групп – H_2O , NH_3 ; структурных силикатных мотивов – SiO_3 , Si_2O_7 , Si_3O_8 и т.п.), реализована возможность поиска по примесным изоморфным атомам, не отраженным в идеализированных формулах минералов (что важно для рассеянных элементов); улучшены схемы поиска по взаимным критериям «отсутствие-присутствие» элементов. Закончен переход на унифицированную кодировку utf-8 (для внутреннего представления текстовой информации в базе данных и выдачи пользователю), что упрощает работу с современными браузерами и позволяет использовать диакритические знаки в написании оригинальных имен минералов. В модуле WWW-Crystpic исправлен ряд неточностей и замечаний по работе с размножением сверхструктурных элементов, расширены возможности работы с большими (по количеству атомов, до 200, например, в сложных структурах цеолитах) структурами.

В «карте» найденного объекта представлены основные данные (как статические из БД, так и динамически рассчитываемые) – название, формула, параметры ячейки, различные кристаллографические данные (кол-во рефлексов, рентгеновские плотности, коэффициенты поглощения); CPDS карта – 20 максимальных рефлексов, их hkl позиции и интенсивности; базовые атомные позиции и их заселенности; полная информационно-расчетная карта (рентгеновские плотности, все рефлексy и т.п.); рассчитанные энергии решетки; принадлежность к различным классификационным схемам; источники данных; автоматически формируемые ссылки на внешние ресурсы и поисковые запросы.

Для всех записей через апплет WWW-Crystpic (пока – Java-3D с использованием библиотек OpenGL) доступны динамически создаваемые интерактивные изображения моделей кристаллических структур в шарах-сферах и в полиэдрических проекциях (до 138 позиций и до 1500(!) атомов на структуру). Программа позволяет делать всевозможные манипуляции с моделью структуры, включая масштабирование, непрерывное и/или автоматическое дискретное вращение вокруг "экранных" осей X,Y,Z; ориентацию по кристаллографическим осям, hkl-фрагментацию структуры (на hkl-ориентированные фрагменты толщиной $d(hkl)$), наращивание элементарных ячеек вдоль любых выбранных направлений для формирования "сверхструктур" и мотивов, а также прямой "ручной" и автоматизированный для малых полиэдров (тетраэдров и октаэдров) расчет любых межатомных

расстояний и углов (плоских и телесных) в структуре. Программа изображает любые полиэдры, включая "дефектные" с необычно малыми ("плохими") межатомными расстояниями. Примеры моделей кристаллических структур (до 600 атомов) приведены на рис.1.

В настоящее время существуют проблемы с работой с внешними библиотеками OpenGL (на которых реализован апплет) и параноидальными настройками безопасности Java 8, которые решаются вмешательством пользователя. Однако из-за этого сейчас крайне необходим перенос апплета на новые программные платформы типа встроенных средств HTML5 или WebGL.

Модуль в виде апплета WWW-Mixipol предназначен для графического представления полных расчетных спектральных профилей поликристалл-рентгенограмм с возможностями манипулирования спектрами для разных источников излучения и разных типов спектральных шкал. Также модуль способен формировать рентгенограммы смесей фаз (до 6 фаз одновременно) при возможности варьирования относительными содержаниями компонентов смеси. Пример расчетных спектров смеси шести фаз приведен на рис.2.

Как для структур, так и для спектров минералов предусмотрены «упрощенные» варианты представления в виде интерактивных традиционных шаровых структур и линейчатых спектров.

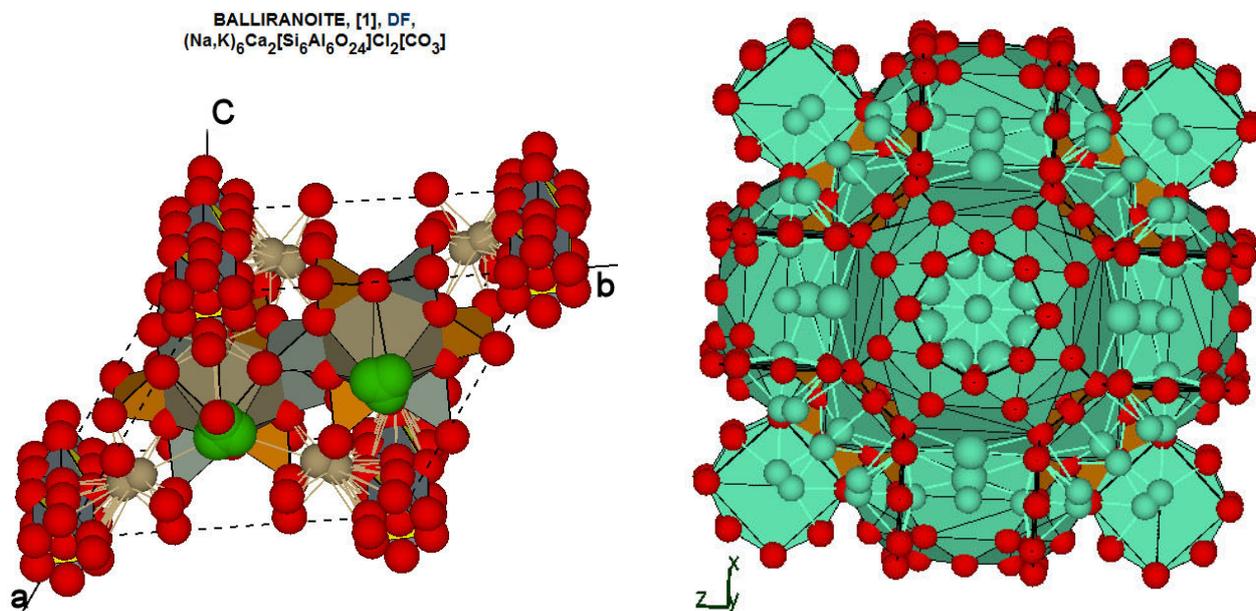


Рис. 1. Примеры интерактивных моделей кристаллической структуры (смешанное представление в шарах и полиэдрах)

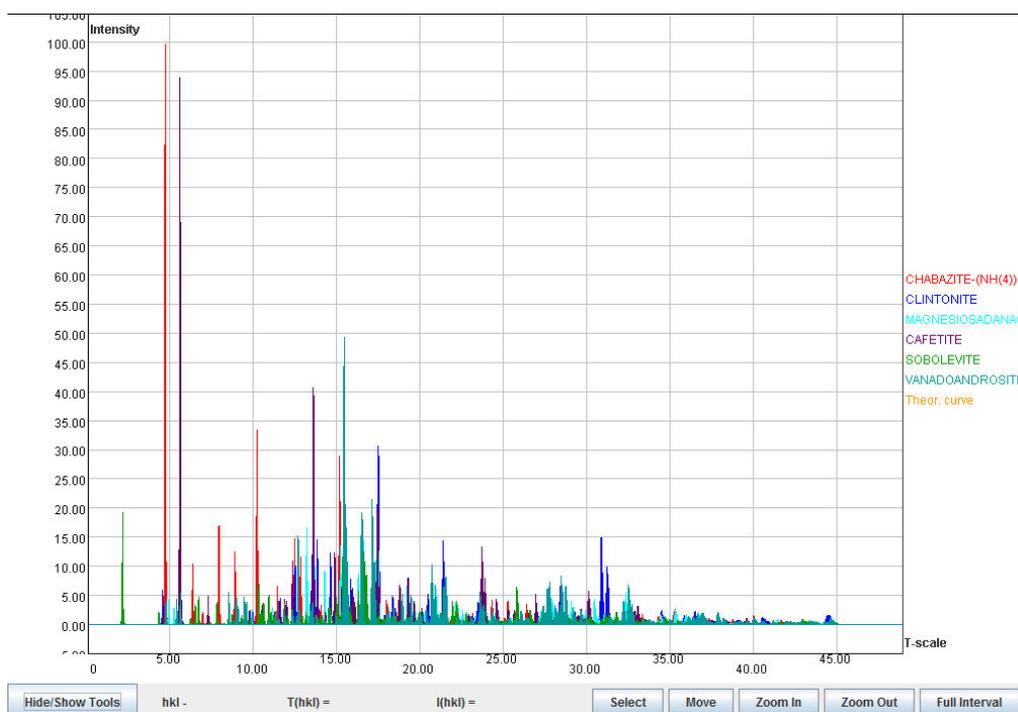


Рис. 2. Пример комбинации расчетных спектральных профилей поликристалл-рентгенограмм (смесь 6 фаз)

Одной из первых среди научных интернет-ориентированных баз данных для ИВС WWW-MINCRYST была разработана система динамически формируемых перекрестных веб-ссылок для связи объектов с записями для конкретных минералов в ведущих минералогических базах данных в Интернете. Система генерации динамических гиперссылок на внешние информационные ресурсы (на минералогические базы данных и поисковые системы) позволяет "прозрачно" для пользователя подключать внешние массивы данных, используя метод "генеральных" запросов [1]. При этом пользователь сразу получает доступ к информации по интересующему его объекту, минуя стадии поиска или просмотра всей внешней базы. Кроме того, данный механизм реализует обратную связь, позволяя таким же образом ссылаться этим базам уже на наши информационные объекты, что резко повышает востребованность ИВС внешними пользователями.

Наличие в ИВС WWW-MINCRYST данных по 10700 кристаллическим структурам, встроенного расчетного комплекса и развитых средств визуализации позволили помимо возможностей, ориентированных на поиск и предоставление информации, использовать ИВС в разработке нетрадиционных научных подходов к интерпретации и представлению некоторых кристаллических структур. Обработка комплексными SQL запросами массива накопленных данных позволил получить весьма нетривиальные статистические выборки, например, по распределению в природе минералов среди групп симметрии кристаллов. WWW Xraypol позволил выявить в традиционных структурах возможность гибкого использования полиэдров и почти

автоматически формировать различные варианты структурных моделей минералов. Благодаря гибкому использованию полиэдров, позволяющему формировать различные варианты структурных моделей минералов, для части минералов можно нестрого привязываться к традиционному катионно-анионному изображению, а формировать структуры на основе любых атомов, входящих в ее состав.

Востребованность WWW-MINCRYST хорошо подтверждается статистикой обращений (за 2018 год – 7 млн. успешных единичных запросов, более 170 Гб скачанной информации, почти 70000 уникальных сайтов-клиентов), а также большим количеством отзывов, описаний и внешних ссылок на WWW-MINCRYST (см. раздел "Ссылки" на сайте).

Заключение

Представленные ИВС «WWW-MINCRYST» и «WWW-Sapphirine» являются общедоступными, дружелюбными пользователю интерфейсами к большим массивам кристаллохимической и минералого-петрологической информации с развитыми средствами поиска, представления и обработки и может служить мощным инструментарием для всех исследователей в минералогии, кристаллографии, петрологии, физике твердого тела, материаловедении и прочих смежных областях науки.

Проведение работ по ИВС WWW-MINCRYST и WWW-Sapphirine в течение 1997-2017 годов было поддержано 7 грантами РФФИ.

Литература

1. П.Ю.Плечов, Д.А.Варламов, С.В.Трусков Типы информационных потоков в области наук о Земле // Научный сервис в сети Интернет, изд-во МГУ, 2002, с.142-144.
2. Podlesskii K.K., Aranovich L.Y., Gerya T.V., Kosyakova N.A. (2008) Sapphirine-bearing assemblages in the system MgO-Al₂O₃-SiO₂: A continuing ambiguity // European Journal of Mineralogy, 20 (5), 721-734. DOI: 10.1127/0935-1221/2008/0020-1870
3. K. K. Podlesskii Stability of Sapphirine-Bearing Mineral Assemblages in the System FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ and Metamorphic P-T Parameters of Aluminous Granulites (2010)// Petrology, 18(4), 350-368 DOI: 10.1134/s086959111004003x
4. Varlamov D.A., Podlesskii K.K. Internet-oriented database for sapphirine-bearing mineral assemblages from high grade complexes // "Precambrian high-grade mobile belts", Extended abstracts, 17-19 June 2014, Petrozavodsk (Karelia, Russia): KRC RAS, 2014, pp.114-115
5. A.V. Chichagov, D.A. Varlamov, R.A. Dilanyan, T.N.Dokina, N.A. Drozhzhina, O.L. Samokhvalova, and T.V. Ushakovskaya. MINCRYST: a

- Crystallographic Database for Minerals, Local and Network (WWW) Versions* // Crystallography Reports, 2001, v.46, 5, pp.876-879 DOI 10.1134/1.1405882
6. А.В. Чичагов, Д.А. Варламов, Е.В. Ершов, Т.Н. Докина, Н.А. Дрожжина, О.Л. Самохвалова Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов (WWW-MINCRYST) // Записки РМО, 2007, т.136, № 3, с.135-141
 7. Д.А. Варламов, Т.Н. Докина, Н.А. Дрожжина, О.Л. Самохвалова WWW-MINCRYST: Интернет-ориентированная информационно-вычислительная система по кристаллографии и кристаллохимии минералов // Вестник ЮУрГУ, Сер. «Вычислительная математика и информатика», 2013, т.2, вып.1, с.26-32 DOI:10.14529/cmse130103
 8. Д.А. Варламов, Т.Н. Докина, Н.А. Дрожжина, О.Л. Самохвалова Информационно-вычислительная система WWW-MINCRYST – общедоступный Web-инструментарий по кристаллическим структурам минералов и их аналогов // Научный сервис в сети Интернет: труды XX Всероссийской научной конференции (17-22 сентября 2018 г., г. Новороссийск). - М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018. с.111-121 doi:10.20948/abrau-2018-49

References

1. P.Iu.Plechov, D.A.Varlamov, S.V.Trusov. Tipy informatsionnykh potokov v oblasti nauk o Zemle // Nauchnyi servis v seti Internet, izd-vo MGU, 2002, s.142-144.
2. Podlesskii K.K., Aranovich L.Y., Gerya T.V., Kosyakova N.A. (2008) Sapphirine-bearing assemblages in the system MgO-Al₂O₃-SiO₂: A continuing ambiguity // European Journal of Mineralogy, 20 (5), 721-734. DOI: 10.1127/0935-1221/2008/0020-1870
3. K. K. Podlesskii Stability of Sapphirine-Bearing Mineral Assemblages in the System FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ and Metamorphic P-T Parameters of Aluminous Granulites (2010)// Petrology, 18(4), 350-368 DOI: 10.1134/s086959111004003x
4. Varlamov D.A., Podlesskii K.K. Internet-oriented database for sapphirine-bearing mineral assemblages from high grade complexes // “Precambrian high-grade mobile belts”, Extended abstracts, 17-19 June 2014, Petrozavodsk (Karelia, Russia): KRC RAS, 2014, pp.114-115
5. A.V. Chichagov, D.A. Varlamov, R.A. Dilanyan, T.N.Dokina, N.A. Drozhzhina, O.L. Samokhvalova, and T.V. Ushakovskaya. *MINCRYST: a Crystallographic Database for Minerals, Local and Network (WWW) Versions* // Crystallography Reports, 2001, v.46, 5, pp.876-879 DOI 10.1134/1.1405882
6. A.V. Chichagov, D.A. Varlamov, E.V. Ershov, T.N. Dokina, N.A. Drozhzhina, O.L. Samokhvalova. Kristallograficheskaiia i kristallokhimicheskaiia baza dannykh dlia mineralov i ikh strukturnykh analogov (WWW-MINCRYST) // Zapiski RMO, 2007, t.136, № 3, s.135-141

7. D.A. Varlamov, T.N. Dokina, N.A. Drozhzhina, O.L. Samokhvalova. WWW-MINCRYST: Internet-orientirovannaia informatsionno-vychislitelnaia sistema po kristallografii i kristallokhimii mineralov // Herald of South-Urals State University, Ser. «Vychislitelnaia matematika i informatika», 2013, t.2, vyp.1, s.26-32 DOI:10.14529/cmse130103
8. D.A. Varlamov, T.N. Dokina, N.A. Drozhzhina, O.L. Samokhvalova *Informatsionno-vychislitelnaia sistema WWW-MINCRYST – obshchedostupnyi Web-instrumentarii po kristallicheskim strukturam mineralov i ikh analogov // Nauchnyi servis v seti Internet: trudy XX Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii (17-22 sentiabria 2018 g., Novorossiisk). - M.: IPM im. M.V.Keldysha p.111-121 DOI:10.20948/abrau-2018-49*