

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МАГМАТИЧЕСКИХ, МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

© 2013 г. А. А. Авакян, Р. Л. Мелконян, А. М. Манандян

*Институт геологических наук НАН РА
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24а, Республика Армения
E-mail: avagyan@geoscom.am
Поступила в редакцию 09.11.2012 г.*

В данной статье изложены принципы модели данных, описывающие магматические, метаморфические и рудные формации, и их интеграции в единую геоинформационную систему (ГИС).

Впервые разработана специфическая геологическая модель данных, на основании которой создана ГИС магматических, метаморфических и рудных формаций.

Целью работы являлась разработка единой концепции данных карты формаций, реализация ее логической, физической и геоинформационной моделей, определяющих главные понятия, признаки и взаимоотношения между ними в виде иерархических схем.

ГИС магматических, метаморфических и рудных формаций РА разработана и использована в процессе составления карты магматических, метаморфических и рудных формаций северной части территории Республики Армения (Северная Армения) масштаба 1:300000. Названная карта составлена впервые группой соответствующих специалистов под руководством член-корр. НАН РА, д-ра г.-м. наук Р.Л. Мелконяна в 2010 г.

Впервые “Карта магматических и метаморфических формаций Армянской ССР” была составлена более 30 лет тому назад и естественно, что за прошедшие годы были получены многочисленные новые данные, которые в ряде случаев внесли принципиальные изменения в представления о геолого-структурном положении, возрасте магматических и метаморфических формаций и нашли свое отражение на представляемой карте.

В отличие от карты магматических и метаморфических формаций, карта рудных формаций ранее не составлялась. Создание впервые единой карты, представляющей на основании новейших данных магматические, метаморфические и рудные формации с соответствующими месторождениями, позволяет по-новому осветить ряд важных теоретических и прикладных вопросов.

Основой для составления концепции модели данных ГИС и структуры сопряженных с ней БД послужили представления авторов о геологических формациях и их взаимоотношениях, а также описательные данные соответствующих формаций.

Карта формаций и базы данных рассматриваются как составные части единого информационного продукта, в котором модель организации дан-

ных отражает геологические представления и отношения между объектами, представленными на формационной карте, а также содержит описание особенностей каждого из объектов карты.

В литературе описан опыт составления моделей данных и “ГИС геологических карт континента Северной Америки” (North American Data Model Steering Committee, 2004), России (Chesalov, 2002), Европы (Asch, 2003), Франции и других стран и регионов, который использован нами в данной работе.

Уже на стадии обработки большого объема геологической, в том числе картографической информации, возникла необходимость применения принципов, методов и технологий цифрового картографирования и геоинформационных систем.

Ниже описываются концептуальная, логическая и физическая модели данных, тематические цифровые карты, сопряженные с ними геологические базы данных (ГБД) и программные средства оперирования картографическими и атрибутивными данными.

Концептуальная модель данных карты формаций

Построение концептуальной модели данных ГИС формаций, определяемой термином «*онтология*» (Guarino, 1988), основано на теоретических представлениях в предметной области и заключается в создании иерархических схем классификации таксономических единиц и словарей понятий.

Такая задача компанией ESRI решена для многих тематических областей (Arctur, Zeiler, 2004; Maidment, 2002), в их числе разработана также модель геологических данных (GeoScience Data Model), которая, однако, нуждается в дальнейшем развитии и конкретизации применительно к узким геологическим тематикам. Данная работа служит этой цели.

Концепция модели данных карты формаций включает главные понятия, признаки и взаимоотношения между ними, определяющие сущность формации и формационную принадлежность геологического образования, и основана на приведенных ниже представлениях авторов карты о формациях (рис. 1).

Магматическая формация, согласно известным представлениям (Кузнецов, 1964; Белоусов, 1974), определяется как естественная ассоциация пород, различные члены которой связаны временем образования и пространственными взаимоотношениями. Данное определение не предполагает генетическую общность разновидностей пород или связь формаций с определенными тектоническими структурами, что нередко является предметом дискуссий.

Метаморфические формации представлены продуктами регионального метаморфизма осадочных и магматических пород, относящихся к различным фациям (полиметаморфическая, зеленосланцевая, амфиболитовая, глаукофановая).

В рудные формации, согласно представлениям В.А. Кузнецова (Куз-

нецов и др., 1972), Р.М. Константинова (Константинов, 1973) и др., объединены месторождения и рудопроявления, которые характеризуются схожим минеральным составом и образованы в близких геологических условиях.

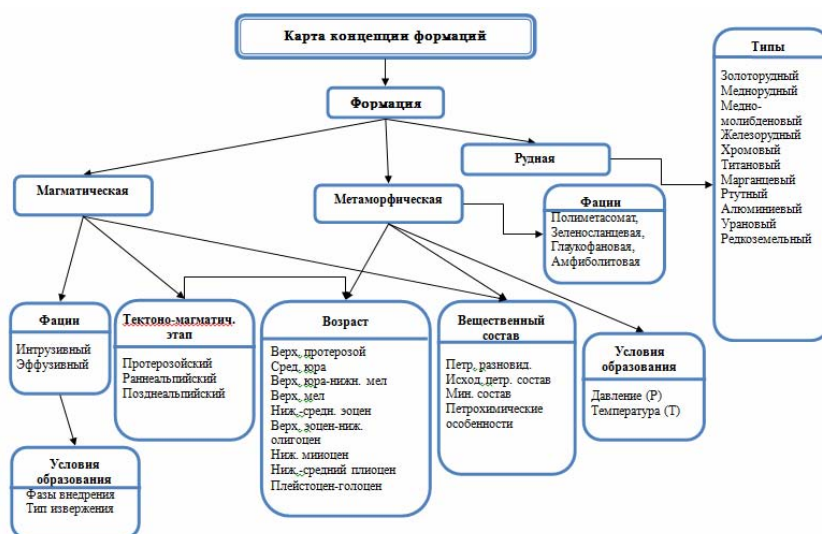


Рис. 1. Концептуальная модель данных карты формаций.

Из приведенных представлений, положенных в основу карты формаций, исходят основные понятия (формация, фация) и признаки (генетический тип, возраст, вещественный состав и т.д.), определяющие формационную принадлежность геологических образований. Классы этих понятий и признаков представляют концептуальную информацию и составляют структуру легенды карты.

Модель данных включает также признаки, не определяющие формационную принадлежность пород и месторождений, но описывающие их местоположение, форму, размеры и некоторые геохимические параметры. Полная совокупность данных карты формаций структурирована и включена в атрибутивные таблицы тематических слоев и во внешние по отношению к ГИС базы данных.

Содержание и структура атрибутивных таблиц ГИС, а также таблиц внешних баз данных и связи между классами признаков определены логической моделью данных карты формаций.

Логическая модель

В атрибутивные таблицы включена минимальная концептуальная информация, а также идентификационные коды, связывающие тематические слои с внешними БД.

Признаки, описывающие формации, разделены на однородные по смыслу группы и разведены в разные таблицы внешних БД, между которыми организованы реляционные связи.

Структура и связи таблиц внешних БД магматических и метаморфических формаций составлены по одинаковому принципу, но имеют различия, связанные с формационными особенностями.

В качестве примера приведена логическая модель БД интрузивных формаций (рис.Рис. 2).

БД интрузивных формаций состоят из 5 таблиц – “Обобщенная характеристика формаций”, “Петрографические разновидности”, “Образцы пород”, “Вещественный состав” и “Фазы внедрения”.

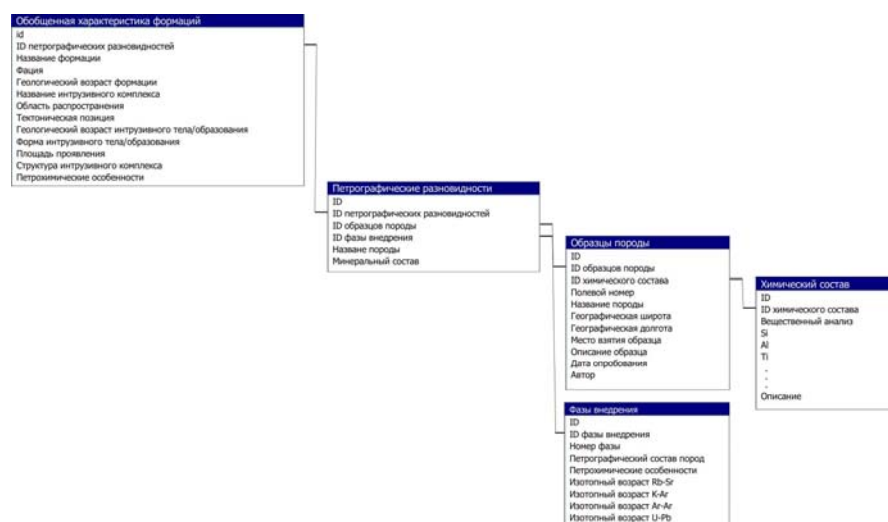


Рис. 2. Логическая структура БД интрузивных формаций.

В группу обобщенных характеристик формаций включены данные, которые не могут быть пересмотрены без изменения содержания карты. С формальной точки зрения такие признаки могут быть определены как статические. К их числу отнесены название формации, интрузивного образования, фация, геологический возраст формации, геологический возраст интрузивного образования, область распространения, тектоническая позиция, площадь распространения, форма интрузивного образования, структура интрузивного комплекса, петрохимическая характеристика. В таблицу “Обобщенная характеристика формаций” включен также идентификационный номер для организации реляционной связи с таблицей “Петрографические разновидности”.

В следующие таблицы включены признаки динамического типа, которые в процессе дальнейших исследований могут быть дополнены или изменены. К их числу отнесены петрографические разновидности, минеральный состав, изотопные определения возраста.

Таблицы “Петрографические разновидности” БД формаций содержат информацию о названии, обобщенном минеральном составе разновидностей пород, относящихся к каждой формации. Они также содержат идентификационные номера для организации связей с таблицами “Образцы пород” и “Фазы внедрения”. В последней таблице указаны фазы внедрения разновидностей пород, их петрографические особенности, изотопный возраст. Таблицы “Образцы пород” содержат информацию об образцах пород и проб каждой разновидности. В предложенной модели реляционные связи продолжены до БД силикатных и других видов анализов, однако, по усмотрению авторов карты могут быть расширены, т.е. включены новые признаки.

Во внешней БД рудных формаций вся информация о месторождениях разделена на четыре тематические группы следующего содержания: «Общие сведения о месторождении» и связанные с ней таблицы «Геологическое строение месторождения», «Вещественный состав руд», «Промышленная характеристика месторождения».

В основной таблице «Общие сведения о месторождении» представлены пространственные координаты, местонахождение, название, формационный, генетический и структурный типы, тектономагматический этап формирования, возраст, литологический и структурный контроль оруденения и информация об авторе описания месторождения. В данную таблицу включены также идентификационные номера, посредством которых физически реализуется реляционная связь основной таблицы с отмеченными выше тремя таблицами.

В таблице «Вещественный состав руд» представлена информация о главных рудных, жильных минералах, основных и попутных полезных компонентах.

В таблице «Промышленная характеристика месторождения» представлены промышленный тип, статус месторождения (балансовое, забалансовое, рудопроявление), среднее содержание металлов в руде, сведения о запасах и дате утверждения подсчета запасов.

В таблице «Геологическое строение месторождения» содержится информация о геолого-структурной позиции месторождения и идентификационные номера, посредством которых организована связь с автономными таблицами “Рудовмещающие породы”, “Пустые породы”, “Морфология рудных тел”, содержащие соответствующую подробную информацию.

Таким способом обеспечивается единство карты, как пространственной модели геологических формаций и баз данных, описывающих объекты карты. При иных целях исследований модель может быть продолжена или расширена также для сопряжения со смежными геологическими тематиками, путем использования адекватных баз данных независимо от их первоначального назначения.

Обсуждаемая концепция позволяет специализированные БД использовать в разных ГИС-проектах, т.е. атрибутивные данные произвольного тематического слоя ГИС импортировать из внешних БД.

Разделение информации на таблицы разрешает также технические вопросы, например, санкционирование доступа к отдельным таблицам.

Физическая модель

На основании описанной логической модели реализована физическая модель данных магматических, метаморфических и рудных формаций.

Данные, описывающие магматические, метаморфические и рудные формации, организованы в четырех реляционных БД (интрузивные, эффузивные, метаморфические и рудные), каждая из которых составлена из взаимосвязанных и однородных по содержанию таблиц БД MSAccess.

Выбор MSAccess обусловлен небольшим объемом исходных данных, а также удобством организации и сопряжения с ГИС внешних Access БД.

Указанные внешние БД связаны с тематическими слоями ГИС, образуя единую информационную среду, в то же время сохраняют возможность автономной работы с ними.

В данной модели между объектами установлены отношения типа “один ко многим”, и каждая запись в таблицах “высшего уровня” связана с одним или более признаками таблицы “низшего уровня”. Таким образом устанавливается физическая иерархия между атрибутами и их частными значениями, записанными в разные таблицы. Например, связи между таблицами БД интрузивных, вулканических и метаморфических формаций организованы таким образом, что можно получить данные о произвольном объекте начиная с общих характеристик, далее подробности о петрографических разновидностях данной формации, образцах пород, фазах внедрения выбранной разновидности и в заключении о химическом составе выбранного образца.

Такая организация логических и физических моделей данных, отражая представления авторов о концепции карты формаций, является не единственным решением и может быть изменена по мере поступления новых данных или изменения задач ГИС.

Геоинформационная модель

ГИС карты формаций интегрирует в среде ArcGIS принципы, структуру и содержание описанных выше логической и физической моделей данных. Функции ГИС использованы при составлении карты с целью редактирования, согласования, объединения в единую геоинформационную среду результатов разномасштабных исследований различных авторов, проведенных в различные годы.

Для достижения совместимости и интеграции в единое целое множества бумажных карт, данные различных авторов приведены к единой топографической основе одновременно с генерализацией крупномасштабной пространственной и семантической информации для ее нанесения на мелкомасштабную карту. При совмещении бумажных карт были отредактированы контуры и линии геологических границ и структур путем разрежения, сглаживания и удаления участков и деталей, не соот-

ветствующих масштабу и содержанию карты, а также приведения в соответствие геологических границ с тектоническими элементами, исправления перекрывающих (overlap) геологических границ.

На этапе пользования картой формаций, наряду с расширением объема и тематики данных, основной функцией ГИС является составление запросов, поиск картографической и описательной информации, обобщение данных, составление и распечатка “отчетов” по результатам поиска. Реализация функций ГИС обеспечивается ее структурой, реляционными связями между ее компонентами и дополнительными программными средствами, составленными средствами VBA с использованием компонентов ArcObjects.

ГИС состоит из пяти тематических слоев – интрузивных, вулканических, метаморфических и рудных формаций, а также слоя тектонических структур (рис.Рис. 3). Тематические слои интрузивных, вулканических, метаморфических и рудных формаций связаны с внешними БД.

Атрибутивные таблицы каждого из перечисленных тематических слоев составлены признаками, определяющими формационную принадлежность геологического образования, и в совокупности атрибуты всех слоев содержат информацию полностью соответствующую легенде карты формаций. Благодаря этому по значению одного и более признаков, введенных в атрибутивную таблицу, выбирается группа объектов одной формации. Более детализированный запрос может быть составлен включением дополнительных признаков из основной таблицы внешних баз данных, тогда может быть выбран один или часть объектов одной формации.



Рис. 3. Структура ГИС магматических, метаморфических и рудных формаций.

Например, из слоев магматических и метаморфических формаций, можно выбрать объекты по их формационной принадлежности, фаціальным особенностям, геологическому возрасту, составу пород и т.д.

Аналогичным образом информация может быть запрошена по следующим признакам рудных месторождений: названию, генезису, формационному типу, принадлежности к тектоно-магматическому этапу, возрасту оруденения, главным рудным минералам.

Связь БД с тематическими слоями ГИС дает возможность получить информацию о произвольном объекте тематического слоя как из атрибутивной таблицы, так и из внешней БД.

Указанная связь обеспечивается двумя способами: организацией связи (link) между пространственными объектами и внешними базами данных стандартными возможностями ГИС, и посредством разработанной нами прикладной программы в среде ArcGIS с использованием платформы ArcObjects.

Первый способ позволяет организовать запросы и поиск по данным атрибутивной таблицы и “Основной таблицы” соответствующей внешней БД, а во втором случае предоставляется возможность организовать более сложные запросы по атрибутам всех таблиц внешних БД.

Реляционные связи могут быть расширены настолько, насколько этого требует постановка информационной задачи. Например в БД рудных формаций авторами установлена связь с металлогенией, рудными месторождениями и ресурсами металлических полезных ископаемых.

Разработанная прикладная программа обеспечивает интерактивное оформление отобранной в результате поиска информации в форме отчетов в формате MSWord файлов, а также управление содержанием “отчетов”. Последнее осуществляется путем указания пользователем в разработанном диалоговом окне необходимых групп признаков (таблицы внешних БД) или отдельных признаков (свойства в таблице), описывающих формации. Например, “отчет” по результатам запроса и поиска из БД рудных месторождений может содержать как полную информацию о вещественном составе руды, так и только об основных полезных или только попутных компонентах.

Представленная геоинформационная модель, широко использующая реляционные связи, имеет определенные преимущества, заключающиеся в том, что автономные БД программно могут быть объединены в единое хранилище. Практически это означает, что при наличии адекватных по формату и содержанию баз геологических описательных и картографических данных описанная модель может быть расширена и использоваться в определенных информационно-аналитических задачах. Автономность БД является оптимальным способом организации геологической информации, поскольку позволяет создавать различные комбинации данных, интегрировать их как с ГИС, так и с иной произвольной программной средой в зависимости от решаемой задачи или содержания проекта.

Таким образом, впервые создана поисково-справочная ГИС магматических, метаморфических и рудных формаций. Предложенная структура ГИС в сочетании с внешними БД рассматривается впервые и является, на наш взгляд, универсальным решением и значительным шагом в направлении разработки специфических геологических моделей данных. Данная модель может служить одним блоком организации специфических геологических данных в целостной геологической модели (Geoscience model), ориентируясь на которую (с адаптацией к специфике конкретных данных) не только логически, но и технически возможно реализовать комплексное моделирование геологических данных.

ЛИТЕРАТУРА

- Белоусов А.Ф.** Об основаниях формационного анализа. В кн.: Проблемы магматических формаций. М.: Наука, 1974, с. 4-20.
- Константинов Р.М.** Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1973. 327 с.
- Кузнецов В.А., Дистанов Э.Г., Оболенский А.А.** Общие принципы и методы выделения рудных формаций и их систематики. В кн.: Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. Новосибирск: Наука, 1972, с. 7-22.
- Кузнецов Ю.А.** Главные типы магматических формаций. М.: Недра, 1964. 386 с.
- Arctur D., Zeiler M.** Designing Geodatabases: Case Studies In GIS Data Modeling. ESRI Press, 2004, 250 p.
- Asch K.** 1:5 Million International Geological Map of Europe and Adjacent Areas: Development and Implementation of a GIS-enabled Concept. – Geol. Jb., Sonderheft, SA3. BGR Hannover 2003. 133p.
- Chesalov L.Eu.** Creation of small – scale geological maps: problem and solutions. International Conference GIS in Geology, Extended abstracts. Moscow 2002, pp. 32-33.
- Guarino N.** Formal ontology and information systems. Proceedings of FOIS'98, Trento. IOS Press, Amsterdam, 1998. pp. 3-15. ISBN 90 5199 399 4.
- Maidment D. R.** Arc Hydro: GIS for water resources. Redlands: ESRI Press, p. 205, 2002.
- North American Data Model Steering Committee (NADMSC),** NADM conceptual model 1.0, A conceptual model for geologic map information: U. S. Geological Survey Open-File Report 2004-1334, 60 p., <<http://pubs.usgs.gov/of/2004/1334/>>.

ՀՀ ՄԱԳՄԱՏԻԿ, ՄԵՏԱՄՈՐՖԻԿ և ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ ԱՇԽԱՐՀԱԳՐԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ (ԱՏՀ)

Ա.Ա. Ավագյան, Ռ.Լ. Մելքոնյան, Հ.Մ. Մանանդյան

Ամփոփում

Մշակվել և կազմվել է մասնագիտացված երկրաբանական տվյալների մոդել, ինչի հիման վրա ստեղծվել է մագմատիկ, մետամորֆիկ և հանքային ֆորմացիաների աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգ (ԱՏՀ): ԱՏՀ-ն մշակվել և կիրառվել է է «ՀՀ (Հյուսիսային Հայաստան) մագմատիկ, մետամորֆիկ և հանքային ֆորմացիաների 1:300 000 մասշտաբի քարտեզի» կազմման ընթացքում:

Մշակվել է ֆորմացիաների քարտեզի տվյալների միասնական կոնցեպցիան, տրամաբանական, ֆիզիկական և գեոինֆորմացիոն մոդելները, որոնց միջոցով սահմանվում են հիերարխիկ կառուցվածքով հիմնական հասկացությունները, հատկանիշները և նրանց միջև կապերը: ՄՏՀ-ի գործառույթներն ապահովվում են մշակված տվյալների մոդելի կառուցվածքով, ռեյացիոն կապերով և լրացուցիչ ծրագրային միջոցներով իրականացնելով հարցումների կազմակերպում, քարտեզագրական և նկարագրական տվյալների որոնում, ընդհանրացում և արդյունքների ներկայացում հաշվետվությունների տեսքով: ՄՏՀ-ի կառուցվածքը և կոմպոնենտների փոխադարձ կապերը հնարավորություն են տալիս նրա ֆունկցիոնալ հետագա զարգացմանը՝ ընդլայնելով վերլուծական հնարավորությունները:

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) OF MAGMATIC, METAMORPHIC AND ORE FORMATIONS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

A.A. Avagyan, R.L. Melqonyan, H.M. Manandyan

Abstract

Specialized geological data model has been designed, based on which a GIS of magmatic, metamorphic and ore formations has been developed. The GIS has been developed and used for constructing the “Map of magmatic, metamorphic and ore formations of the Republic of Armenia (Northern Armenia), Scale 1:300 000”.

Unified concept, logical, physical and geo-information models of the data of the formations map have been developed, by means of which the main concepts, attributes and their relations by hierarchical schemes have been defined. The GIS functions are based on the structure, relationships within database and additional programs for the querying and searching of spatial and attribute data, generalization and representation of results as reports. The GIS structure and relationships among its components provide an opportunity for is further development by expanding of its analytical functionalities.