

Оригинальная статья / Original article

УДК 550.8

<http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2017-40-4-77-85>

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЕКТА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

© А.А. Пешкова<sup>а</sup>, А.В. Мироманов<sup>б</sup>

<sup>а,б</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

**РЕЗЮМЕ. Цель.** Разработка концептуальной модели геоинформационного проекта, которая позволит при проектировании базы геоданных повысить целостность и информативность исходных геолого-геофизических данных при поисках нефтегазовых месторождений, избавиться от дублирования информации и оперативно предоставлять пользователю актуальную геолого-геофизическую информацию. **Метод.** Для формирования общей картины представления геолого-геофизических данных в статье использовался метод концептуального (инфологического) проектирования. **Результаты.** Рассмотрены геолого-геофизические данные, которые используются на предприятии. Описаны программные среды, в которых обрабатывается геолого-геофизическая информация, назначены основные пользователи, выделены основные функциональные возможности геоинформационного проекта, создана и описана концептуальная модель проекта. **Выводы.** Созданная концепция функционирования системы дает возможность сформировать инфологическую модель разрабатываемого проекта, который позволит реализовать сбор и анализ полученной информации, обеспечивать хранение исходной геолого-геофизической информации и получать доступ к геолого-геофизическим материалам. Сфера применения геоинформационных технологий является важной и востребованной, использование геоинформационных систем для целей поиска залежей нефти и прогнозирования зон нефтегазоаккумуляции показывает, что специализированные инструменты современных геоинформационных систем дают исследователям новые возможности для создания прогнозных карт и делают весь процесс поиска и прогнозирования более обоснованным, а результат – аргументированным.

*Ключевые слова:* концептуальная модель, система управления баз данных.

**Формат цитирования:** Пешкова А.А., Мироманов А.В. Концептуальная модель геоинформационного проекта для хранения комплексных геофизических данных и управления ими // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 4. С. 77–85. DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-77-85

## CONCEPTUAL MODEL OF THE GEOINFORMATIONAL PROJECT FOR INTEGRATED GEOPHYSICAL DATA STORAGE AND MANAGEMENT

A.A. Peshkova, A.V. Miromanov

Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation

**ABSTRACT.** The **purpose** of this work is to develop a conceptual model of a geo-informational project that will improve the integrity and self-descriptiveness of the initial geological and geophysical data when searching for oil and gas deposits, allow to avoid information duplication as well as promptly provide the user with relevant geological

---

<sup>а</sup>Пешкова Анастасия Александровна, аспирант кафедры технологии геологической разведки, e-mail: Frecklesun07@gmail.com

Anastasia A. Peshkova, Postgraduate of the Department of Technology of Geological Exploration, e-mail: Frecklesun07@gmail.com

<sup>б</sup>Мироманов Андрей Викторович, зав. кафедрой технологии геологической разведки, e-mail: mav@istu.edu  
Andrey V. Miromanov, Head of the Department of Technology of Geological Exploration, e-mail: mav@istu.edu

and geophysical information in the process of geodata base development. **Method.** The method of conceptual (infological) design is used to form a general representation picture of geological and geophysical data. **Results.** Geological and geophysical data used at the enterprise are considered. Description is given to the software environments where geological and geophysical information is processed. The main users of the geoinformational project are appointed. The main performance capabilities of the geoinformational project are identified and the conceptual model of the project is created and described. **Conclusion.** The created concept of system operation gives an opportunity to form an infologic model of the developed geoinformational project. The latter will allow to collect and analyze the received information, store initial geological and geophysical information and provide the access to geological and geophysical materials. The application field of geoinformation technologies is important and demanded as the use of geoinformation systems for the search for oil deposits and forecasting of oil and gas accumulation zones has shown that modern geoinformation systems fix researchers up with purpose-built tools opening new opportunities for creating forecast maps and making the entire search and forecast process more justified, and the result – more reasoned.

*Keywords: conceptual model, database management system*

**For citation:** Peshkova A.A., Miromanov A.V. Conceptual model of the geoinformational project for integrated geophysical data storage and management. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2017, vol. 40, no. 4, pp. 77–85. (In Russian). DOI: 10.21285/2541-9455-2017-40-4-77-85

### Введение

В современных условиях развития геофизического производства стратегия построения баз данных как самостоятельных объектов заменяется стратегией создания многопользовательских информационных систем, которые позволяют своевременно получать достоверную информацию. Добыча углеводородного сырья всегда была приоритетным направлением экономики России. Геоинформационные системы (ГИС) в производстве – это прежде всего средство поддержки принятия решений, а в науке геоинформационные технологии можно рассматривать как системы, потенциально направленные на получение новых знаний и научных данных.

В настоящее время существует достаточно примеров реализации и успешной эксплуатации ГИС-проектов. К одним из примеров можно отнести опыт использования ГИС-технологий Северо-Восточным комплексным научно-исследовательским институтом (СВКНИИ ДВО РАН). Накопленные десятилетиями данные, новые знания по геологии и полезным ископаемым региона способствовали созданию ГИС-технологии по сбору, систематизации, хранению и представлению пространственно-распределенной

информации. Исследования в области ГИС были направлены на развитие способов организации геологической информации, создание новых информационно-справочных систем, моделирование в прогнозно-поисковых целях, обеспечивающих научные исследования и производственный процесс.

Еще одним примером успешного использования ГИС-технологий можно назвать крупнейшую зарубежную нефтяную компанию Petrom. Перед ГИС-специалистами данной нефтяной компании встала задача обеспечить сотрудников многопользовательским доступом к коллекции картографических материалов. Для этого был разработан веб-сайт с ГИС-поддержкой. Новая система позволила авторизованным пользователям быстро получать доступ к обширному каталогу данных [1].

Таким образом, ведущие нефтедобывающие компании создают все новые решения поиска углеводородов, включая использование ГИС. ГИС открывает новые горизонты в сборе и обработке больших массивов разнородных данных, объединяя их по пространственному признаку и дополняя обычные информационные системы расширенным аналитическим инструментарием.

### Особенности создания многопользовательской базы данных

Создание многопользовательской базы данных включает в себя следующие этапы: разработка концептуальной модели многопользовательской базы данных, разработка проекта системы управления базы данных (СУБД), реализация проекта и разработка технической документации.

На первоначальной стадии проектирования многопользовательской базы данных следует выполнить следующее: определить цели создания информационного проекта, определить пользователей, разработать концептуальную модель.

Задачи геоинформационного проекта заключаются в обеспечении оперативного доступа к геолого-геофизическим материалам различным подразделениям предприятия, поддержке актуальной информации, защите геолого-геофизических данных, а также создании общей картины текущей обстановки региона для решения геолого-геофизических задач.

Данная статья посвящена актуальному направлению применения ГИС-технологий в области геолого-геофизических работ, вопросу создания единой многопользовательской базы данных.

В настоящее время предприятие геологической отрасли, основным направлением которого является обработка и интерпретация геолого-геофизических данных, столкнулось с проблемой хранения априорных данных. Например, сейсморазведочные данные, которые включают в себя сейсмические трассы, глубинные, временные разрезы, интервальные скорости, структурные карты, изопакиты, динамические характеристики волнового поля и т. д., хранятся, как правило, в форматах (.sgy, .txt, .mxd) [2]. Для обработки временных разрезов используется специализированная программа Focus, для построения глубинных разрезов, интервальных скоростей,

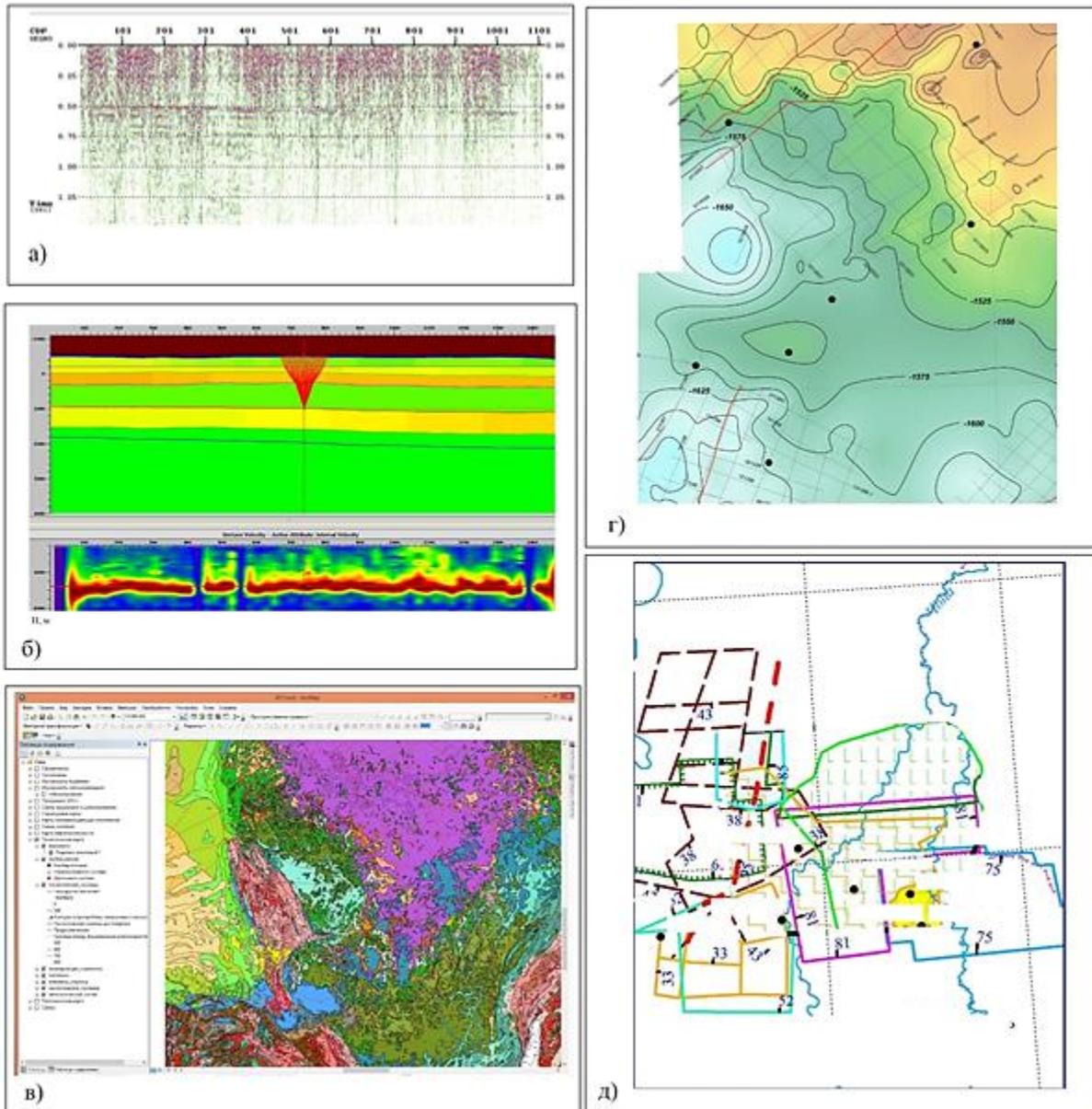
структурных карт, изохрон и изопакит применяется программный пакет Paradigm (Paradigm Geophysical). Затем часть сейсморазведочного материала для формирования проекта переносится в ГИС ArcGis for desktop advanced.

Информация по скважинам хранится в таблицах Excel. Для каждой скважины существует описание: номер скважины, альтитуда ротора (отметка рельефа), координаты устья скважины, абсолютные значения глубин горизонтов, значения мощностей пластов, забой скважины, инклинометрия скважины.

Электроразведочные профили занесены в СУБД MySQL, часть данных хранится в формате баз геоданных (БГД) .gdb (кривые ЗСБ, контуры площадей), и параллельно созданы проекты по электроразведочным данным в ГИС MapInfo. Электроразведочные данные включают в себя кривые ЗСБ, геоэлектрические разрезы, карты продольной проводимости и продольного сопротивления [3].

Гравиразведочные и магниторазведочные материалы хранятся в форматах (.txt, .dat, .srf) и обрабатываются при помощи программы Surfer golden software. Комплексный анализ потенциальных полей включает в себя карты остаточного гравитационного поля, магнитного поля, горизонтальных градиентов, региональной составляющей остаточного гравитационного поля, локальной составляющей остаточного гравитационного поля, региональной составляющей магнитного поля, локальной составляющей магнитного поля [4, 5].

Геофизическая изученность (сейсморазведочные, гравиразведочные, магниторазведочные и электроразведочные работы) представляет собой сеть профилей и сопровождается атрибутивной информацией (номенклатура листа, масштаб выполненных работ, методы, которыми выполнялись работы). На сегодняшний день геофизическая изученность хранится в формате .shp (рис. 1).



**Рис. 1. Визуализация геофизических материалов:**

*а – временной разрез; б – глубинно-скоростной разрез; в – пространственно-распределенные данные в программе ArcGis; г – структурная изученность территории;*

*д – геофизическая изученность территории*

**Fig. 1. Visualization of geophysical materials:**

*a – time section; б – velocity-depth section; в – spatially distributed data in the ArcGis program; г – structural knowledge of the territory;*

*д – geophysical knowledge of the territory*

В этой связи весьма актуальной становится задача формирования единой ГИС, которая позволит выполнять автоматизированную обработку, хранение актуальной информации и своевременно предоставлять ее.

### Файловая структура как результат проектирования геоинформационной модели

Основными пользователями ГИС являются специалисты в области электроразведочных и сейсморазведочных

работ, потенциальных полей, геологи, а также ответственные исполнители и интерпретаторы. ГИС существенно сократит время на поиск необходимых геолого-геофизических материалов, а поддержка актуальности информации и ее защита станут возможными при помощи системы управления баз данных.

Основной задачей является структурирование геолого-геофизических потоков данных, по возможности приведение их к единым форматам для удобного хранения и использования.

Основные функциональные задачи ГИС:

1. Сбор и первичная обработка пространственно-распределенных геолого-геофизических данных.

2. Хранение геолого-геофизической информации в централизованной геопространственной базе данных.

3. Выполнение запросов как пространственных, так и атрибутивных.

4. Многопользовательское редактирование данных.

5. Система защиты информации, а именно авторизации пользователей и их аутентификации.

6. Оптимальный доступ к картографической информации и пространственный анализ данных.

На первом этапе проектирования базы данных необходимо концептуально спроектировать основные процессы работы системы.

На основе анализа информационных потоков рекомендуется вариант структуры геоинформационной базы прогноза и оценки перспективных зон углеводородов. Структура базы данных прогнозирования и оценки запасов углеводородов представляет собой четыре основных подсистемы: подсистема сбора геолого-геофизических данных, подсистема методов обработки и анализа геолого-геофизических материалов, подсистема хранения данных и подсистема БГД.

Опишем основные функции, реализующие свойства системы, объединенные в подсистемы.

Основными целями подсистемы сбора геолого-геофизических данных является накопление первичной информации, ее классификация и контроль для устранения противоречий (геологических) данных, внесение недостающей важной информации, исключение избыточности данных, приведение пространственных данных к единым форматам, возможное перепроецирование пространственных данных в единую систему координат.

Источником информации являются данные сейсморазведочных работ. Обычно это полевые данные в формате .sgy. Далее идет обработка полевого материала и затем интерпретация. Согласно классической схеме интерпретационные процедуры включают в себя выделение и прослеживание волн (раньше на сейсмограммах, сейчас на временных разрезах), вычисление и анализ скоростей распространения волн, стратиграфическую привязку волн, вычисление глубин залегания границ, построение глубинных разрезов, построение структурных карт. По существу, это то, что сейчас называют кинематической интерпретацией. Однако перед современной сейсморазведкой ставятся не только структурные задачи, но и задачи прямого поиска нефти и газа, то есть задачи изучения литологии и прогноз нефтегазонасности пород разреза. Решение этих задач составляет содержание так называемой динамической интерпретации: выявление геологической природы изменений в динамике волн, динамические характеристики волнового поля исследуемой среды (акустический импеданс, относительная амплитуда, доминантная частота, фациальный анализ, временные толщины и др.) [6].

Электроразведочные данные сопровождаются картами продольного сопротивления и электропроводимости терригенных отложений подсолевого комплекса. Анализ потенциальных полей включает в себя создание карт магнитного и гравитационного полей и цифровую модель рельефа.

Другим источником информации является документооборот организации. Одним из основных документов является геологическое задание, которое определяет цель, объект и требования к конечному результату геологоразведочных работ.

Вторым основополагающим компонентом единой базы данных является подсистема обработки геолого-геофизических материалов. Необходимо преобразовать полученную информацию в графический векторный вид (если она не преобразована): полигоны, линии, точки, а также ввести атрибутивную информацию данных для полного описания геолого-геофизических материалов.

Результатом обработки является цифровая модель геофизической изученности. Изученность описывает полную информацию о выполненных работах на данной территории и включает в себя:

1. Геофизические методы, которые были проведены на территории.
2. Номенклатурные листы, в которые попадает участок.
3. Масштаб работ, проводимых на площади.
4. Кем и какой партией были выполнены работы.

Следующим компонентом единой информационной базы является подсистема хранилища, которая формирует исходную геолого-геофизическую информацию для длительного хранения на основе топологии хранилищ данных, а также для подготовки отчетов и анализа с целью принятия решений в организации. Массив исходной информации, полученный из подсистемы сбора, загружа-

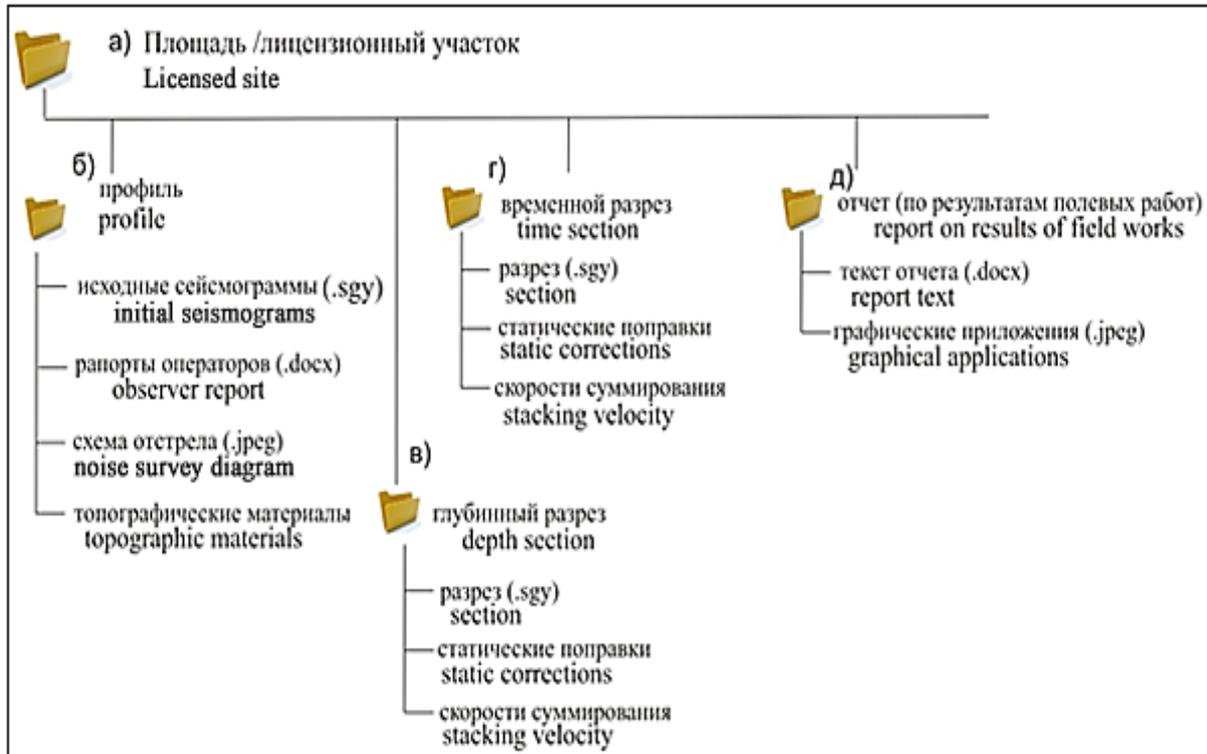
ется в хранилище и описывается в таблицах системы хранилища. Структура хранения должна обеспечивать многопользовательский доступ, однако в связи с большим объемом исходных материалов геологоразведочных работ хранение на основе технологий реляционных систем управления базами данных (РСУБД) является не лучшим решением по причине понижения производительности СУБД, поэтому разработана структура хранения исходных материалов в виде файловой системы.

Структура хранения файлов сейсморазведочных работ может быть представлена в виде схемы, предложенной на рис. 2.

Четвертым компонентом единой базы данных является подсистема БГД, которая обеспечивает централизованное хранение цифровых моделей пространственных объектов изученности и цифровой картографии. БГД позволит хранить в себе пространственно-распределенные данные и создавать запросы к геолого-геофизическим материалам.

Инструменты ArcGis и ArcCatalog относятся к клиентским приложениям. ArcMap входит в состав ArcGis и используется для создания картографических материалов на основе пространственной информации из БГД. С помощью ArcCatalog осуществляется управление пространственными классами и обеспечиваются функции администрирования БГД. Управление данными включает в себя экспорт / импорт, создание / удаление и редактирование пространственных классов. Основными функциями администрирования БГД в ArcCatalog можно считать создание / удаление баз данных, установку правил разграничения доступа, управление версиями данных, резервное копирование [7, 8].

Стоит отметить, что программный инструмент ArcCatalog позволяет администрировать базы данных без использования менеджера pgAdmin III. PgAdmin III



**Рис. 2. Файловая структура сейсморазведочных данных:**  
а – название участка района работ; б – данные сейсморазведочных профилей;  
в – данные глубинных разрезов; г – данные временных разрезов;  
д – материалы отчета полевых работ

**Fig. 2. File structure of seismic data:**  
а – exploration area name; б – seismic reflection profile data;  
в – depth section data; г – time section data;  
д – fieldwork report materials

– это продукт для администрирования и управления базами данных под управлением PostgreSQL.

Хранение геолого-геофизических данных осуществляется в РСУБД PostgreSQL. Для того чтобы корректно хранить пространственные данные, используется программная технология ArcSDE (Spatial Database Engine), которая встроена в продукт ArcGis. Данная технология обеспечивает функционирование централизованной базы геопро пространственных данных под управлением РСУБД.

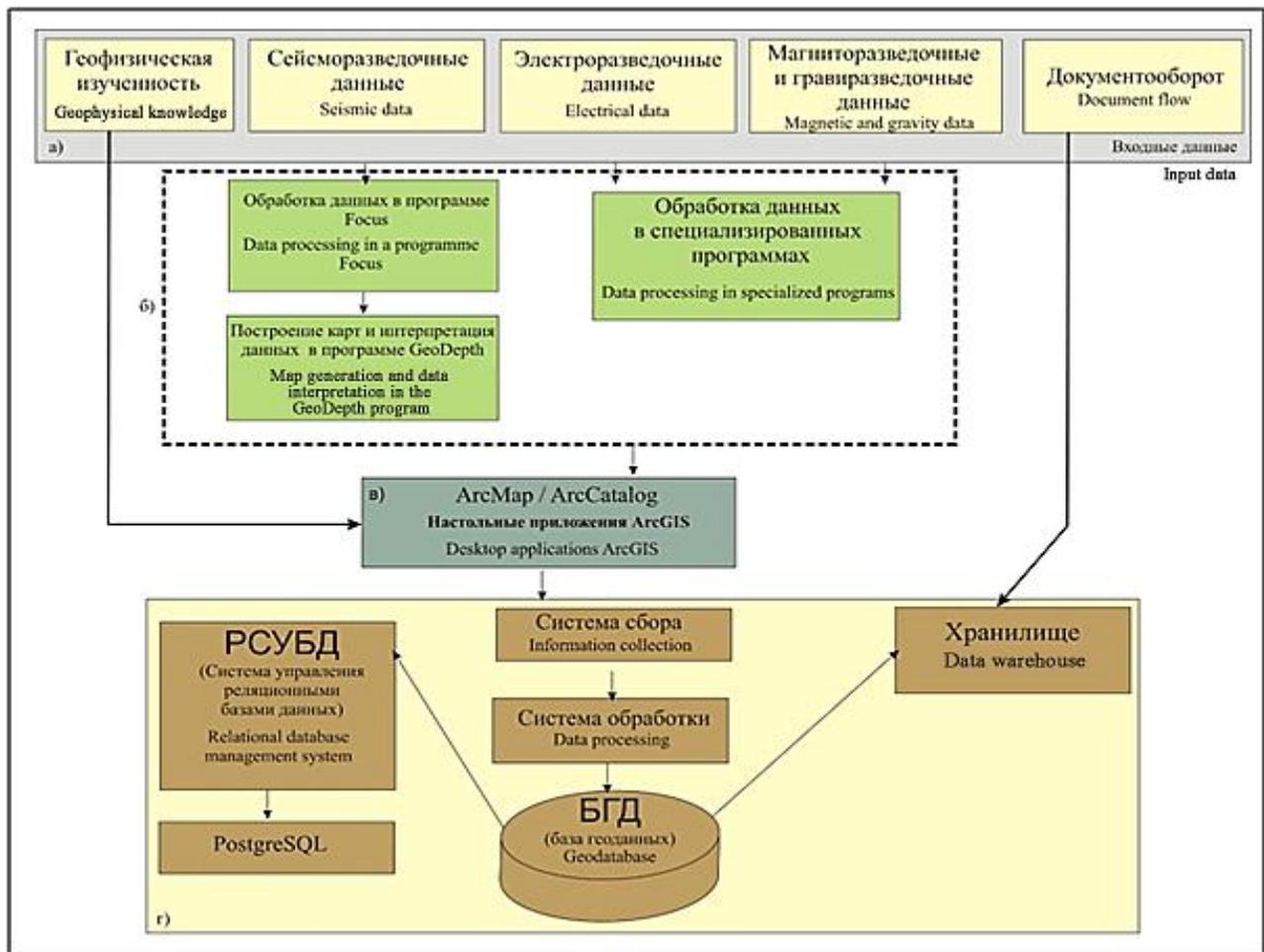
БГД содержит множество баз геоданных, в каждой такой базе хранятся геолого-геофизические данные для каждой площади или лицензионного участка.

Предложенная концепция функционирования системы дает возможность

сформировать инфологическую модель разрабатываемого геоинформационного проекта, который позволит реализовать сбор и анализ полученной информации, обеспечивать хранение исходной геолого-геофизической информации и получать доступ к геолого-геофизическим материалам. Систему можно представить в виде схемы, показанной на рис. 3.

### Заключение

В статье рассмотрены геолого-геофизические материалы, которые используются в геологической отрасли, описана проблема их хранения, а также представлено решение в виде создания единого геоинформационного проекта. Данный проект позволит оперативно получать доступ к геолого-геофизическим данным различным подразделениям предприя-



**Рис. 3. Концептуальная схема геоинформационного проекта:**

а – блок «исходные данные»; б – блок «обработка данных»;  
в – настольные приложения; г – блок «управления данными»

**Fig. 3. Conceptual diagram of the geo-information project:**

а – input data unit; б – data processing unit;  
в – desktop applications; г – data management unit

тия, поддерживать информацию актуальной, предотвращать попытки несанкцио-

нированного доступа и избавит от дублирования информации.

### Библиографический список

1. Data+ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.data-plus.ru/news/arcreview> (дата обращения: 23.10.2017).
2. Гуревич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка: учебник для вузов. М.: Недра, 1980. 551 с.
3. Хмелевский В.К., Бондаренко В.М. Электроразведка: справочник гео-

4. физика. Книга первая. 2-е изд. М.: Недра, 1989. 438 с.
5. Мудренцова Е.А. Гравиразведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1981. 397 с.
6. Гринкевич Г.М. Магниторазведка: учебник. М.: Недра, 1987. 248 с.
7. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Основы обработки и интерпретации дан-

ных сейсморазведки. Екатеринбург. 2001. 192 с.

7. Vienneau A., Bailey J. *ArcGis. ArcCatalog. Руководство пользователя.*

1999, 2003–2004 ESRI. 256 с.

8. Pfaff R., Booth B. *ArcGis. ArcMap. Руководство пользователя.* 2000–2004 ESRI. 546 с.

### References

1. Data+ [Data+]. Available at: <https://www.dataplus.ru/news/arcreview> (accessed 23.10.2017).

2. Gurevich I.I., Boganik G.N. *Seismicheskaya razvedka* [Seismic exploration]. Moscow: Nedra Publ., 1980, 551 p.

3. Khmelevskii V.K., Bondarenko V.M. *Elektrozvedka: spravochnik geofizika. Kniga pervaya* [Electroprospecting: Geophysicist's guide. Book one]. Moscow: Nedra Publ., 1989, 438 p.

4. Mudrentsova E.A. *Gravirazvedka. Spravochnik geofizika* [Gravity prospecting. Geophysicist's guide.]. Moscow: Nedra Publ., 1981, 397 p.

5. Grinkevich G.M. *Magnitorazvedka*

[Magnetic prospecting]. Moscow: Nedra Publ., 1987, 248 p.

6. Bondarev V.I., Krylatkov S.M. *Osnovy obrabotki i interpretatsii dannykh seismorazvedki* [Basics of processing and interpretation of seismic data]. Ekaterinburg, 2001, 192 p.

7. Vienneau A., Bailey J. *ArcGis. ArcCatalog. Rukovodstvo pol'zovatelya* [ArcGis. ArcCatalog. User's guide], 1999, 2003–2004 ESRI, 256 p.

8. Pfaff R., Booth B. *ArcGis. ArcMap. Rukovodstvo pol'zovatelya* [ArcGis. ArcMap. User's guide], 2000–2004 ESRI, 546 p.

### Критерии авторства

Пешкова А.А., Мироманов А.В. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 30.09.2017 г.

### Authorship criteria

Peshkova A.A., Miromanov A.V. have written the article, have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

The article was received 30 September 2017