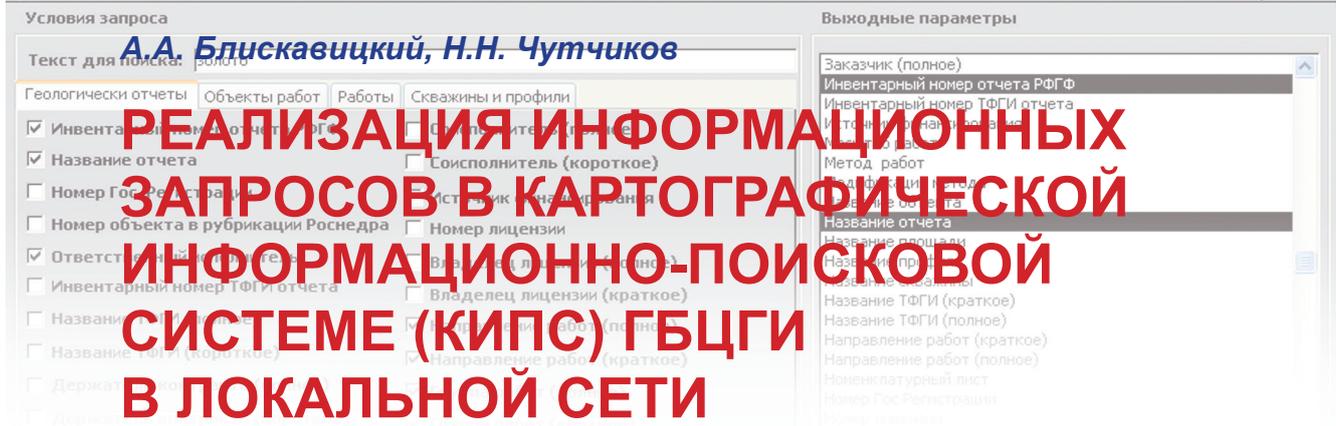


УДК 528.92:004.9

© А.А. Блискавицкий, Н.Н. Чутчиков



Введение

КИПС Государственного банка цифровой геологической информации разработана в обеспечение приказа Роснедра № 444 от 21.04.2005 «О развитии системы сбора, учета, систематизации, хранения и использования первичной цифровой информации в составе ГБЦГИ», обязывающего недропользователей предоставлять цифровые данные, полученные с привлечением госбюджетных средств, в ГБЦГИ для формирования государственных информационных ресурсов (ИР) [1-4]. КИПС ГБЦГИ принята в промышленную эксплуатацию в 2008 г. и обеспечивает каталогизацию таких данных, хранение метаданных геологических отчетов и цифровых материалов, их представление на электронной карте и предоставление пользователям. База данных (БД) КИПС содержит информацию о каждом из более чем 10 млн файлов, поступивших в ГБЦГИ на машиночитаемых носителях (МН), а также о пространственных данных (ПД), описывающих геометрию изученных профилей и площадей, положение пунктов наблюдения и скважин (ниже все они называются геообъектами). В такой сложной системе возникает проблема поиска интересующих пользователя данных, решаемая лишь при разработке развитых запросно-поисковых средств, которые описаны ниже.

Общие сведения о локальной подсистеме КИПС ГБЦГИ

В основе локальной подсистемы КИПС лежат три взаимоувязанных компонента (рис. 1): реляционная БД с пространственным расширением, содержащая все вышеупомянутые данные; клиент БД, реализующий пользовательский интерфейс, обеспечивающий ввод, редактирование и просмотр данных, а также запросно-поисковые функции; ГИС-приложение, обеспечивающее поиск и картографическое отображение ПД. Кроме того, КИПС управляет данными хранилища ГБЦГИ. Работа КИПС основана на интеграции приложений серверной СУБД (MS SQL Server 2008 R2), клиента

БД (MS Access) и ГИС (ESRI ArcMap). Каждое приложение может выступать как сервер автоматизации, встраиваясь в другое приложение на основе СОМ-технологии [2].

Геологический отчет содержит данные по объектам работ, каждый из них ограничен контуром, внутри которого проводятся пометодные ГРП (им соответствует ряд геообъектов внутри контура). Информация о геообъекте может быть атрибутивной и пространственной. Различают первичную и производную информацию. К первичной относятся: геодезические координаты пунктов наблюдений и опробования, журналы полевых наблюдений, записи геофизических наблюдений и др. К производной – результаты обработки, интерпретации, анализа или обобщения данных. Схема БД в первом приближении отражает иерархию: геологический отчет – объект работ – работа по методу – геообъект – ПД по геообъекту. Однако в действительности в схеме БД задано отношение «многие-ко-многим» между пометодной работой и геообъектом (геообъект исследуется при проведении различных пометодных работ, но информация по нему заносится в БД один раз). Представление о семантике предметной области можно получить из рис. 2, где красноватые эллипсы обозначают многоуровневый классификатор или систему таких классификаторов. Например, *Районирование* является системой многоуровневых классификаторов, описывающих нефтегазоносное, гидрогеологическое, металлогеническое, угленосное районирование и административно-территориальное деление. Сиреневые эллипсы обозначают сущности, объединяющие представительные наборы метаданных и геопро пространственных данных. Например, *Геологический отчет* объединяет следующие метаданные: инвентарный номер, дата регистрации и название отчета, ответственный исполнитель, организации (заказчик, исполнитель, соисполнители), источник финансирования, стоимость работ, номер и владелец лицензии, дата заключения госконтракта и договора, направление и вид работ, год выпуска отчета и т.д.

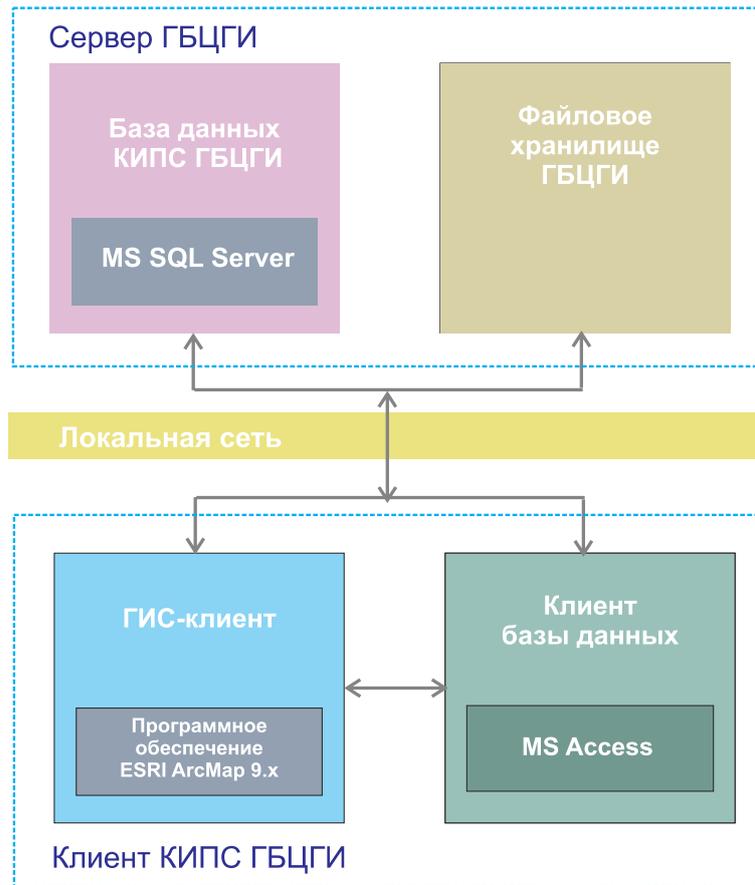


Рис. 1. Архитектура локальной подсистемы КИПС

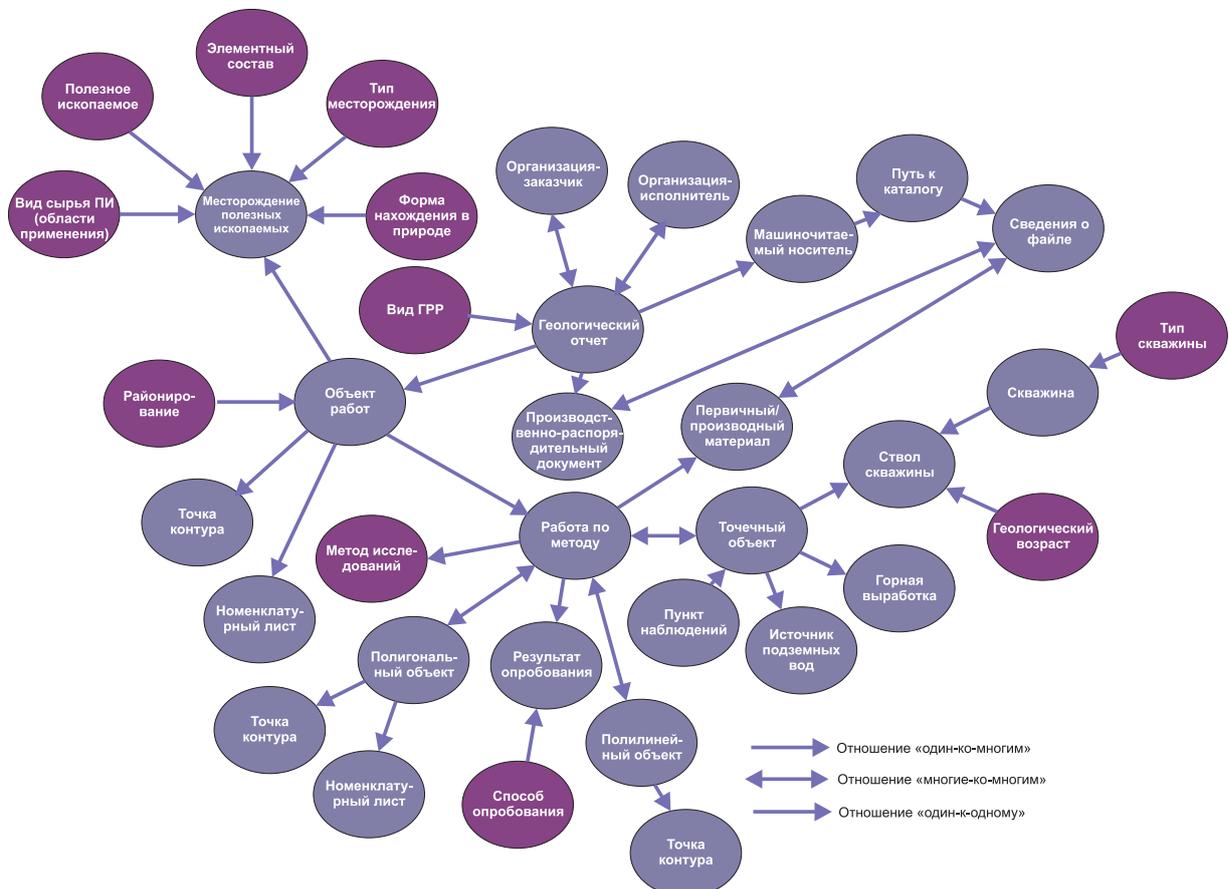


Рис. 2. Упрощенная инфологическая модель КИПС

Поисковые возможности КИПС

Запросная система КИПС состоит из двух частей: серверная БД (СУБД MS SQL Server), в рамках которой создан ряд объектов БД (представления и функции), и клиентская, в рамках которой разработаны экранные формы и классы, реализующие запросный интерфейс. КИПС реализует поиск в реальном времени ИР различными способами (рис. 3). Сквозной поиск реализуют конструкторы запросов, позволяющие задавать сотни атрибутивных поисковых параметров, объединенных выбранными логическими условиями, и включающие различные инструменты задания пространственных условий запроса. Контекстный поиск реализован в виде полнотекстового поиска в сочетании с заданием набора поисковых сущностей предметной области. Навигационный поиск обеспечивается по большей части в рамках средств реализации клиентских приложений (MS Access и ESRI ArcMap), а структурная детализация основана на переходах по иерархии модели предметной области, отраженной в структуре БД и пользовательском интерфейсе.

Отдельные запросно-поисковые средства КИПС, в частности запросы в рамках ГИС-клиента, рассмотрены в [2-5]. Ниже рассмотрим реализацию в рамках клиента БД новых видов запросов: универсального пространственно-атрибутивного, контекстного и аналитического. При построении запроса пользователь выбирает входные параметры, на которые накладываются условия, и выходные параметры, отображаемые в результирующей выборке. Эти параметры в основном соответствуют атрибутам сущностей на рис. 2. В условиях, накладываемых на входные параметры, используются операции сравнения с задаваемым пользователем значением (универсальный и сводный запросы) и поиск совпадений со значением (полнотекстовый запрос). Пользователь может выбрать тип отображения результата запроса, а также сохранить условия запроса (и загрузить их). При выполнении запроса поисковая система анализирует его параметры, сопоставляет их с представлениями (объединяющими данные из нескольких таблиц в соответствии со схемой БД)

и принимает решение о включении их в SQL-запрос к серверной СУБД.

Полнотекстовый поиск предусматривает создание полнотекстового индекса текстовых параметров. Для каждого параметра предусмотрена функция, основанная на полнотекстовом поиске, получающая искомую фразу и возвращающая значение первичного ключа представления, к которому принадлежит параметр.

Модель поисково-запросных функций и метаданных электронных документов

Модели поиска будем рассматривать над коллекцией k документов. Отдельный документ коллекции обозначим d^j , где $j = 1, \dots, k$. В качестве основы модели примем Дублинское ядро, тогда документ представляется множеством пар [5]

$$d^j = \{(N_{ij}, V_{ij})\}, \quad (1)$$

где N_{ij} и V_{ij} – соответственно имя и значение i -го элемента метаданных в описании содержания j -го документа. Запрос q в этой модели представляется аналогично:

$$q = \{(N_i, V_i)\}, \quad (2)$$

где N_i и V_i – соответственно имя и значение i -го элемента метаданных в описании запроса.

Критерий релевантности документа d^j запросу q :

$$q \subseteq d^j. \quad (3)$$

Конечной целью поиска является предоставление геологической информации из фондов ГБЦГИ, которая хранится в форме электронных документов. В России обычно используются европейские требования MoReq (Model Requirements for the Management of Electronic Records) к управлению официальными документами. Модель электронного документа (ЭД) может быть записана в виде кортежа

$$\text{ЭД} = \langle I, C, T, E, A, Z, P \rangle, \quad (4)$$

где представлены следующие множества реквизитов документа, обеспечивающие соответственно: I – его идентификацию, C – его коммуникационные свойства, T – его структурированность, E – ссылки на другие документы, A – его аутентификацию, Z – его защиту, P – обработку содержащейся в нем



Рис. 3. Основные методы поиска информации КИПС

информации. Для описания ряда параметров, не отраженных в реквизитах и модели ЭД, а также временных рядов и статистики его использования можно ввести кортеж

$$\text{ИР} = \langle \text{ЭД}, p, s \rangle, \quad (5)$$

где s – матрица, описывающая для каждого обращения к ЭД параметры соответствующего обращения, p – вектор параметров p_p , не отраженных в реквизитах и модели ЭД,

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_N), \quad (6)$$

например, имя файла архива, вид архиватора, пароль на архив, дата архивации, тип и длина ключа шифрования, объем в байтах, контрольная сумма и т.д.

Рассмотрим модель выполнения запросов КИПС с учетом механизмов декомпозиции сложных запросов на подзапросы и соединения результатов их выполнения, а также схемы БД. В схеме БД можно выделить непересекающиеся фрагменты (и соответственно подмножества связанных таблиц), которые целиком участвуют в запросах. Такие фрагменты назовем доменами D_i ($i = 1, \dots, K_D$). Отметим, что эти домены соединены естественным соединением, обозначаемым оператором \bowtie (в языке SQL ему соответствует оператор JOIN). Планировщик запросов КИПС автоматически выполняет декомпозицию запроса на подзапросы и организует их выполнение средствами MS SQL Server.

Информационный запрос q , параметры которого задаются на экранной форме, в терминах реляционной алгебры может быть записан следующим образом [6]:

$$q = \pi_A (\sigma_F (D_1 \bowtie D_2 \bowtie \dots \bowtie D_n)), \quad (7)$$

где $D_1 \bowtie D_2 \bowtie \dots \bowtie D_n$ – аналог декартова произведения отношений (таблиц), участвующих в запросе, для случая естественного соединения, σ_F – операция селекции кортежей этого произведения в соответствии с условием F запроса, π_A – проекции селекции на множество атрибутов A (выходные поля запроса).

Планировщик запроса КИПС оптимизирует план выполнения запроса, при этом операции селекции и проекции перемещаются внутрь декартова произведения, что дает:

$$q = q_1 q_2 \dots q_n = \pi_{A_1} (\sigma_{F_1} (D_1)) \pi_{A_2} (\sigma_{F_2} (D_2)) \dots \pi_{A_n} (\sigma_{F_n} (D_n)), \quad (8)$$

где F_i – условие поиска в i -ом подзапросе $q_i = \pi_{A_i} (\sigma_{F_i} (D_i))$. Подзапросы с непустыми условиями имеют меньшую размерность, чем исходные домены D_i . Описание запроса к БД и, следовательно, время его выполнения зависят от схемы БД. Дальнейшее построение плана сводится в основном к определяемой схемой БД последовательности выполнения соединений промежуточных таблиц, полученных при выполнении подзапросов:

$$q_i = q_{i1} \bowtie q_{i2} \bowtie \dots \bowtie q_{in}, \quad (9)$$

здесь q_{ik} – k -я промежуточная таблица, полученная при выполнении i -го подзапроса.

Специфика запросов с пространственными условиями

Выше был рассмотрен оператор JOIN (и соответствующее обозначение естественного соединения \bowtie). В общем случае вводится оператор θ -JOIN соединения двух доменов (таблиц) D_1 и D_2 соответственно по колонкам i и j , вводится следующее обозначение для этого соединения

$$D_1 \bowtie_{i\theta j} D_2. \quad (10)$$

При θ -JOIN соединении селекция кортежей определяется тем, что значения из i -й колонки D_1 должны быть связаны оператором θ со значениями в j -й колонке D_2 . Это соединение называется пространственным JOIN, если как i -я колонка D_1 , так и j -я колонка D_2 являются множеством пространственных объектов, а θ – пространственный оператор.

Спецификация OGC [7], описывающая хранение, выборку, поиск и обновление ПД реляционными СУБД, основана на модели данных, в которой каждому геометрическому объекту (ГО) соответствует одна запись в реляционной таблице для этого типа объектов. В настоящее время действует ее версия 1.2.1 [8]. Эта модель содержит базовый абстрактный класс Geometry, задающий систему координат, применимую ко всем производным от него классам (Point, Curve, Surface и GeometryCollection). Над экземплярами каждого класса выполняются операции получения: ГО из их внешнего представления (преобразование во внешнее представление) и их характеристик, информации об относительном расположении двух ГО, а также новых ГО из объектов-операндов. В стандарте OGC для операций над ГО используется синтаксис функций, например Intersection(g1, g2), а в стандарте ISO/IEC 13249-3 [9] – синтаксис методов, например g1.ST_Intersection(g2).

В формате WKT текстового представления ГО: POINT (1 2) – точка с координатами ($x = 1, y = 2$); POLYGON ((1 1, 1 2, 2 2, 1 1)) – треугольник с координатами вершин ($x = 1, y = 1$), ($x = 1, y = 2$) и ($x = 2, y = 2$). Для преобразования ГО в его текстовое представление служит функция AsText, а для получения ГО из его текстового представления – функция GeomFromText.

Пространственное расширение SQL предоставляет абстрактные типы данных, позволяющие реализовать, например, пространственную выборку, которая возвращает ГО, удовлетворяющие определенным критериям по отношению к заданным ГО. Она реализуется первичным и вторичным фильтрами. Первичный фильтр осуществляет быстрый отбор записей-кандидатов, используя пространственный

индекс и оперируя не самими ГО, а их приближениями, например минимальными охватывающими прямоугольниками. Результирующее множество записей содержит все искомые записи, а также ряд записей, которые не удовлетворяют критерию поиска и отсекаются вторичным фильтром (рис. 4).

Пространственные условия в универсальном запросе КИПС ограничивают область поиска для геообъектов многоугольником, задаваемым пользователем. Для активации вкладки задания пространственных условий пользователь выбирает параметр, имеющий пространственное представление, и задает координаты многоугольника, которые преобразуются в тип данных geometry. Для проверки пространственных условий в SQL-запросе используется метод STIntersects для данных типа geometry, который возвращает объекту класса булевы ответ о пересечении двух ГО.

Система модулей классов (МК), реализующая запросно-поисковые функции

МК, реализующие запросы, можно разбить на категории, обеспечивающие: C_U – пользовательский интерфейс задания запроса, C_D – описание структуры данных, C_Q – построение запроса к БД, C_S – сохранение и загрузку условий запроса пользователем, C_V , C_E – соответственно визуализацию и экспорт результата запроса в файл формата ttf или MS Excel. Для обозначения подкатегорий этих МК, относящихся соответственно к универсальному, полнотекстовому и сводному запросу, будем использовать индекс i ($i = 1, 2, 3$). Поскольку пространственные условия задаются только в универсальном запросе, обозначение соответствующих МК не содержит индекса i .

Экранная форма задания запроса содержит следующие блоки: задание атрибутивных и пространственных условий и выходных параметров, сохранение/загрузка условий запроса и выбор типа отображения результата.

МК, используемые для построения условий: C_{Uvai} , C_{Uvs} – отображение соответственно выбранных атрибутивных и пространственных условий, C_{Ucai} , C_{Ucs} – контейнеры для хранения соответственно атрибутивных и пространственных условий, C_{Uwi} – запись условия.

МК, используемые для построения выходных параметров: C_{Uovi} – отображение списка выходных параметров для выбора пользователем, C_{Uoci} – контейнер для хранения записей C_{Uovi} , содержащих информацию о выбранных выходных параметрах. Соответственно при выборе выходных параметров создаются объекты МК (ОМК) C_{Uori} в ОМК C_{Uovi} и сохраняются в ОМК C_{Uoci} обеспечивающие отображение списка выбранных выходных параметров.

За считывание пользовательских данных, хранящихся в ОМК C_U , и их дальнейшее преобразование в SQL-запрос отвечают следующие МК: C_{Qi} – организация преобразования данных пользователя в SQL-запрос, C_{Qpi} – подготовительные SQL команды, выполняемые на сервере, C_{Qwi} , C_{Qsi} , C_{Qfi} – построение соответственно части WHERE, SELECT и FROM SQL-запроса. ОМК C_{Qi} преобразует данные, полученные от ОМК C_U , в нужный вид: ОМК C_{Qpi} создает вспомогательные SQL-запросы, которые будут выполнены на сервере БД до выполнения основного SQL-запроса, генерируемого ОМК C_{Qi} . МК C_{Qwi} , C_{Qsi} , C_{Qfi} формируют фрагменты строк результирующего SQL-запроса. Результирующая таблица сохраняется на клиенте (MS Access) и отображается ОМК C_{Vi} в соответствии с заданными настройками экспорта в ОМК C_{Si} .

Универсальный запрос

На рис 5. представлена форма «Универсальный запрос», на которой параметры запроса выбираются из предложенного списка параметров, соответствующих полям таблиц БД. На каждый параметр накладываются ограничения заданием

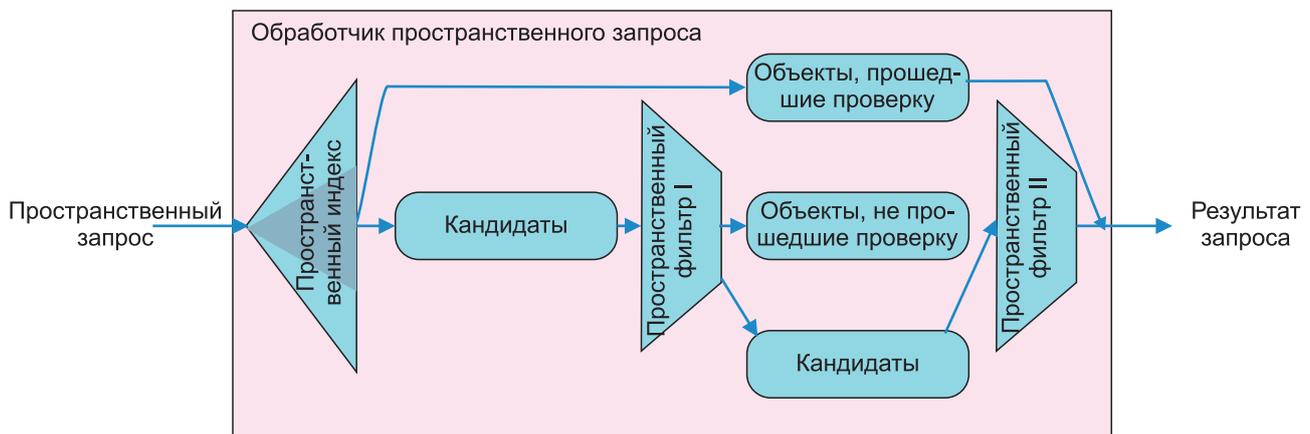


Рис. 4. Схема выполнения пространственного запроса

Инвентарный №	Название отчета	Название объекта	Группа ПИ
509783	Региональные сейсморазведочные работы МОГТ в южной бортовой зоне Мухано-Ероховского прогиба с целью подготовки новых лицензионных участков.	Южная бортовая зона Мухано-Ероховского прогиба.	Угледородное сырье и сопутствующие компоненты
510885	Региональные геолого-геофизические работы для изучения геологического строения и перспектив нефтегазоносности северной акватории Енисейского залива.	Северная акватория Енисейского залива.	Угледородное сырье и сопутствующие компоненты
510970	Региональные геофизические работы по оценке перспектив нефтегазоносности отложений Северо-Кавказского краевого массива территории Карачаево-Черкесской Республики. Отчет по Гос контракту №	Территория Карачаево-Черкесской Республики РФ	Угледородное сырье и сопутствующие компоненты

Рис. 5. Форма «Универсальный запрос» и фрагмент результата запроса

оператора (соответственно =, ≠, <, <=, >, > = для числовых полей и =, ≠, «содержит», «все непустые» для нечисловых) и поле «Значение», в котором представлено одно значение для выбранного параметра или список допустимых значений, позволяющий производить множественный выбор. При необходимости выбора значения из определенного иерархического уровня многоуровневого классификатора «Значение» преобразуется в набор полей, соответствующих уровням такого классификатора (рис. 5). При этом ограничение становится составным – включает выбранные значения из всех верхних уровней иерархии классификатора вплоть до данного. При нажатии кнопки «Добавить условие» формируется условие запроса. Аналогично формируются следующие условия запроса. Их логическая комбинация задается выбором операторов «И», «ИЛИ», «НЕТ» и использованием скобок. Результирующие поля запроса (выходные параметры) выбираются из списка. Возможен экспорт результатов запроса в MS Word и MS Excel, а также сохранение введенного запроса и его загрузка.

На рис. 6 представлена вкладка «Пространственные условия». Она содержит табличную под-

форму для ввода координат (в градусах, минутах, секундах, в десятичных градусах или прямоугольных координатах в соответствующей проекции) вершин многоугольника, в пределах которого производится поиск геообъектов. Перед заданием прямоугольных координат производится задание параметров датума, как показано на рис. 6.

Геометрия вводимого многоугольника синхронно отображается на электронной карте посредством COM-объекта ESRI.MapControl2 библиотеки ArcObjects из пакета разработчика ArcGIS Engine Developer Kit или ArcGIS Desktop SDK [5]. С помощью этого объекта, интегрированного в экранную форму MS Access (рис. 6), реализуется визуальный контроль корректности ввода пространственных данных непосредственно в процессе занесения координат без необходимости вызова приложения ArcMap в отдельном окне. После ввода координат второй точки на карте отображается линия, положение которой позволяет визуально оценить правильность ввода координат. Ввод координат последующих точек уточняет геометрию вводимого объекта, при этом контур автоматически замыкается.

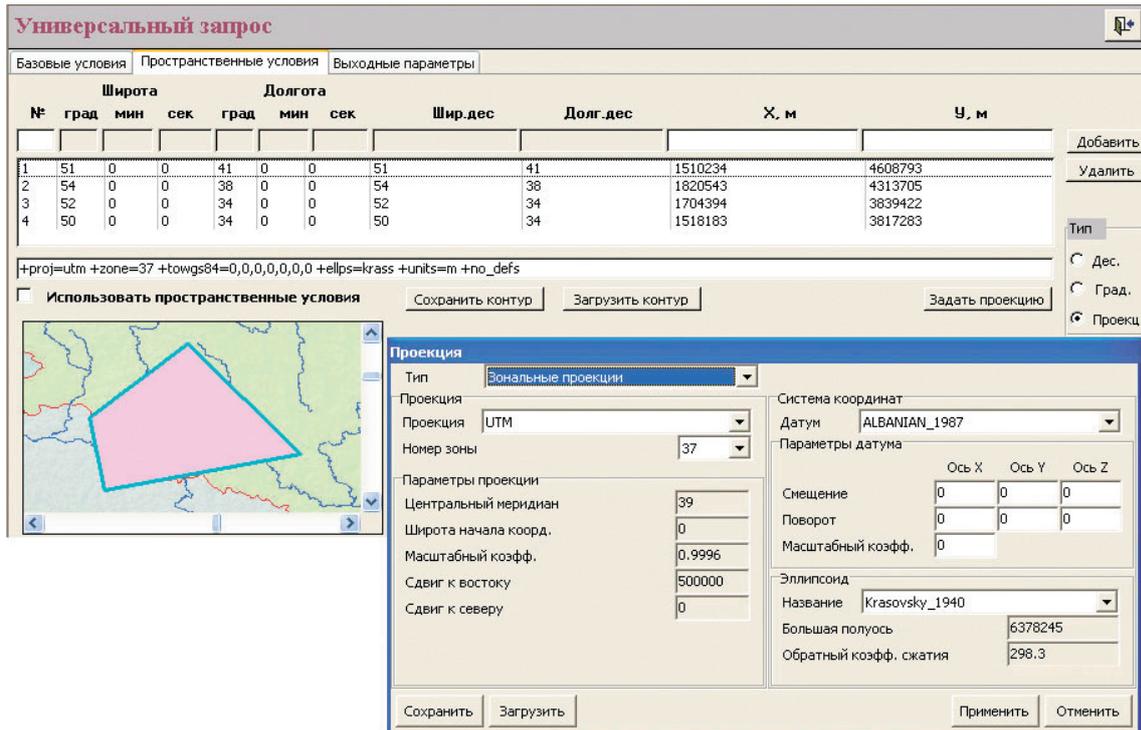


Рис. 6. Вкладка «Пространственные условия» и форма задания параметров датума

Полнотекстовый поиск

Полнотекстовый поиск КИПС ГБЦГИ основан на компоненте Full-Text Search из MS SQL Server. Для его функционирования ведутся полнотекстовые индексы на атрибуты сущностей (поля таблиц) БД, которые могут быть задействованы в поиске, а на сервере созданы хранимые процедуры для получения однозначного соответствия между первичными ключами таблиц и шаблоном поиска. В КИПС искомый текст (шаблон) вводится в поле «Текст для поиска», а в качестве полей поиска данных по условиям запроса участвуют поля БД, имеющие текстовый формат, которые перечислены на вкладках: «Геологические отчеты», «Объекты работ», «Работы» и «Скважины и профили» (рис. 7). Результат запроса может зависеть от состава помеченных полей на каждой вкладке.

Полнотекстовый поиск КИПС позволяет искать как одно, так и несколько слов или фразу (допускаются знаки препинания). При поиске не учитываются стоп-слова (предлоги, союзы и т.д.). Также поиск позволяет искать слова, начинающиеся заданным текстом, и фразы с такими словами (префиксные выражения). Для этого заданное начало слова дополняется символом «*». КИПС ГБЦГИ отобразит те записи с выходными параметрами запроса, для которых в значениях помеченных полей найдено соответствие поисковому шаблону.

Сводный запрос

Сводный запрос является специфической разновидностью запросов на выборку. Он предназначен

для более глубокого анализа информации, хранящейся в таблицах БД, являясь обобщением перекрестного запроса, ключевым оператором которого является TRANSFORM (преобразовать). При этом значения одного из столбцов (полей) выборки преобразуются в названия столбцов итоговой выборки. Результаты перекрестного запроса группируются по двум наборам данных, один из которых расположен в левом столбце таблицы (вертикальная ось X), а второй – в верхней строке (горизонтальная ось Y). В остальном пространстве таблицы отображаются результаты статистических расчетов (Sum, Count и т.д.), выполненных над данными трансформированного поля (ось Z).

Задание условий сводного запроса аналогично их заданию для универсального запроса. Выходные параметры сводной таблицы задаются в следующем виде (рис. 8):

– Названия строк (ось X) и столбцов (ось Y) сводной таблицы содержатся в поле БД, соответствующем выбранному для каждой оси параметру из списка выходных параметров.

– Значения в ячейках результирующей таблицы вычисляются в соответствии с функцией агрегации (Count, Max, Min, Sum, Avg) на основе значений, содержащихся в поле БД, соответствующем выбранному выходному параметру (ось Z), который может быть нечисловым только в случае задания функции агрегации Count. Результат выполнения запроса может экспортироваться в таблицу документа формата rtf или таблицу Excel.

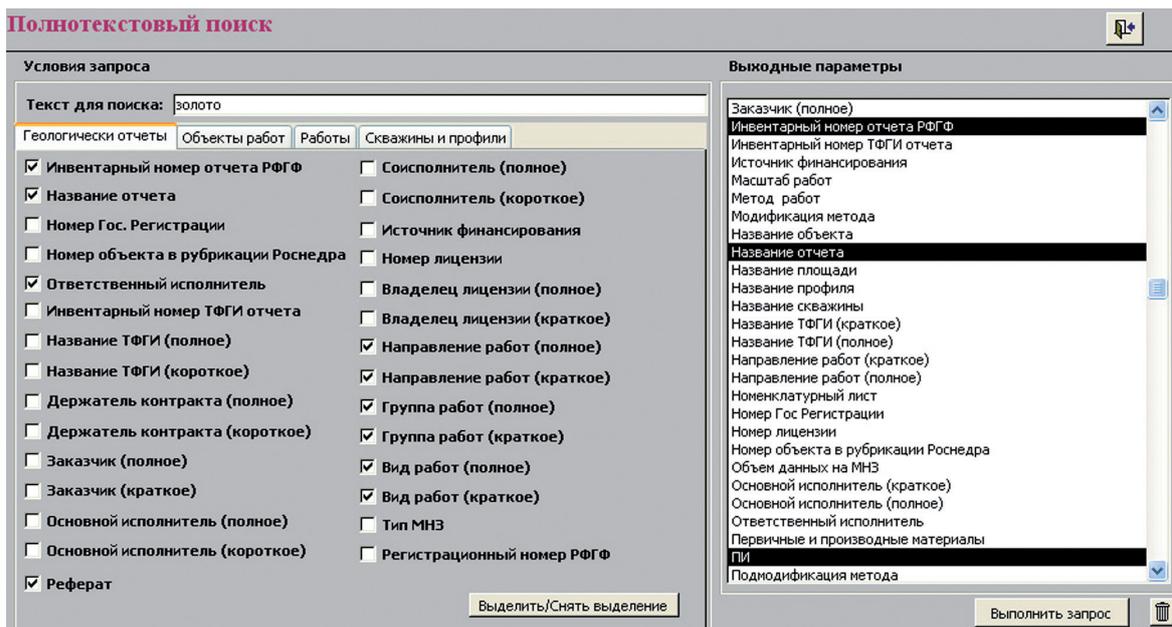


Рис. 7. Форма «Полнотекстовый поиск». Вкладка «Геологические отчеты»

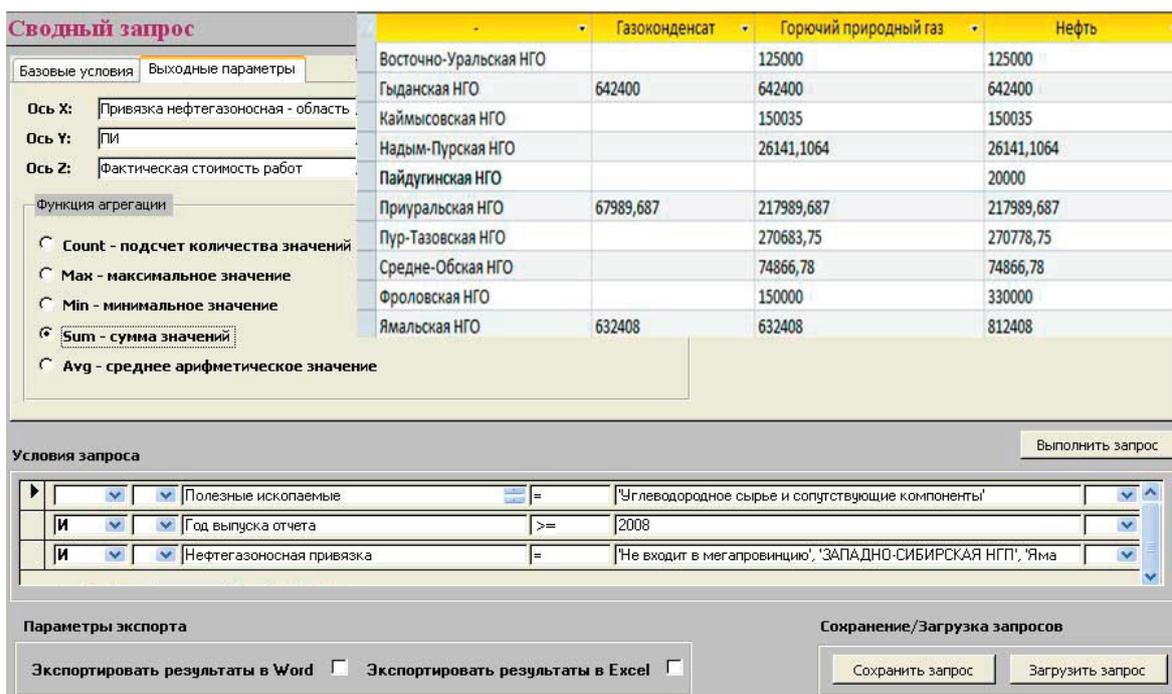


Рис. 8. Форма задания условий и выходных параметров сводного запроса и результат выполнения запроса (пример: стоимость в тыс. руб. проведенных с 2008 г. ГРП по приведенным полезным ископаемым по областям Западносибирской нефтегазоносной провинции, информация о которых занесена в ГБЦГИ)

В рамках сводного запроса предусмотрена возможность представления результата запроса не только в табличной форме, но и на электронной карте. Если, формируя сводный запрос, пользователь выбирает по оси X параметр, который может выступать основой районирования, то становится доступна кнопка «Показать на карте» (рис. 9), при нажатии на которую вызывается ГИС-клиент и запрошенные данные загружаются на отдельный слой

электронной карты. На рис. 9 показаны параметры и результат запроса с условием *Год выпуска отчета* = 2010 и со следующими выходными параметрами: X – *Уровень иерархии 3 административной и территориальной привязки*, Y – *Год выпуска отчета*, Z – *Фактическая стоимость работ*, функция агрегации – Sum (сумма значений).

После нажатия кнопки «Показать на карте» результат отображается на электронной карте (рис. 10).

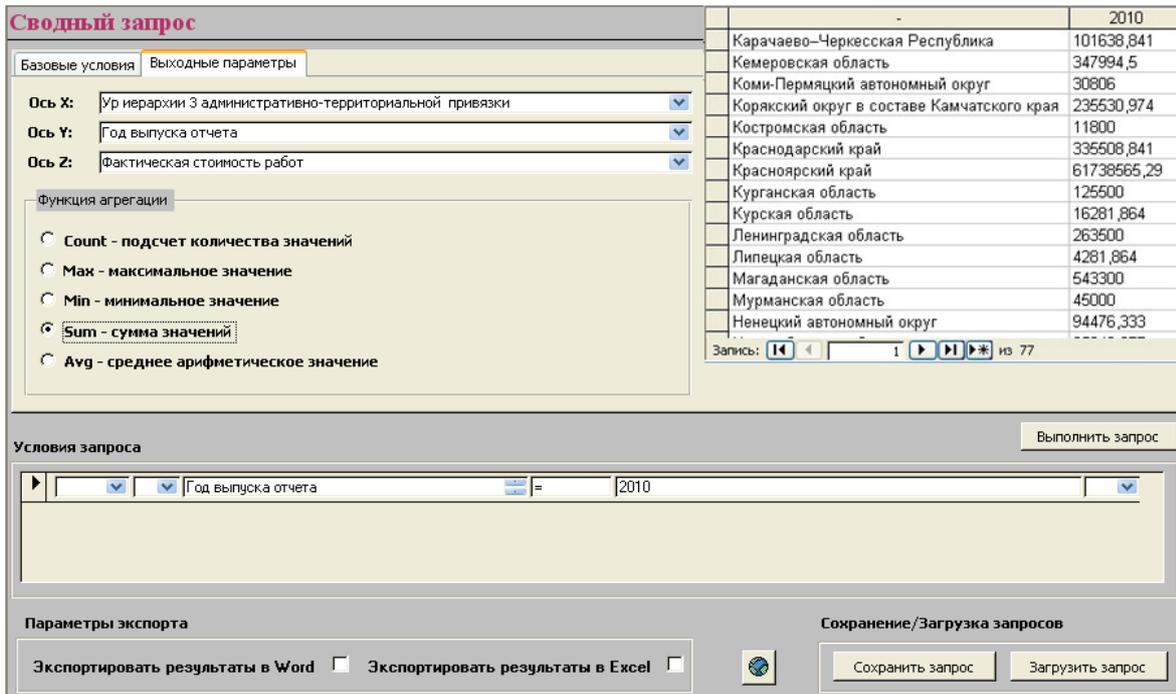


Рис. 9. Форма задания и таблица результата сводного запроса

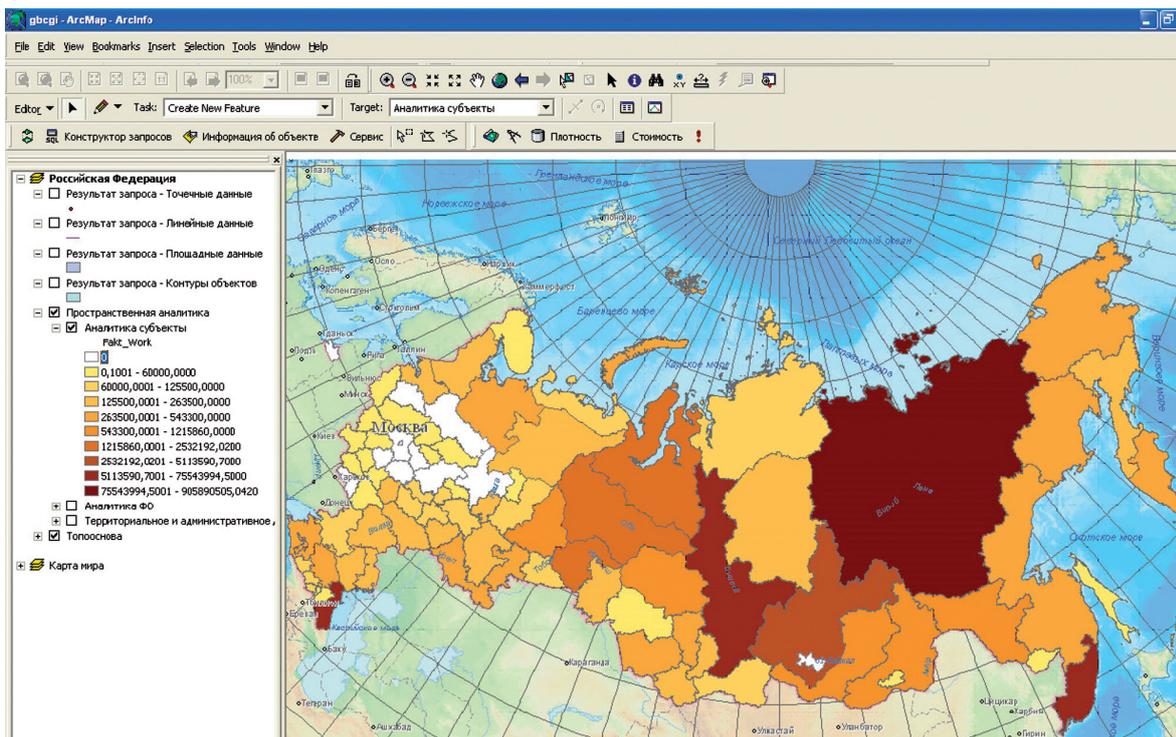


Рис. 10. Картографический результат сводного запроса с районированием

Получение данных из хранилища ГБЦГИ

Каталогизация и проверка представляемых на хранение цифровых геологических материалов проводится с использованием КИПС ГБЦГИ [5]. После проверки данные этих материалов с помощью КИПС заносятся в хранилище ГБЦГИ. Соответственно, после выполнения запросов (при задании опции

представления результатов в формате rtf) имеется возможность перейти от результатов запроса непосредственно на экранную форму КИПС и далее скачать нужные данные из хранилища ГБЦГИ. Например, можно получить все файлы, относящиеся к первичному/производному материалу, используя экранную форму, представленную на рис. 11.

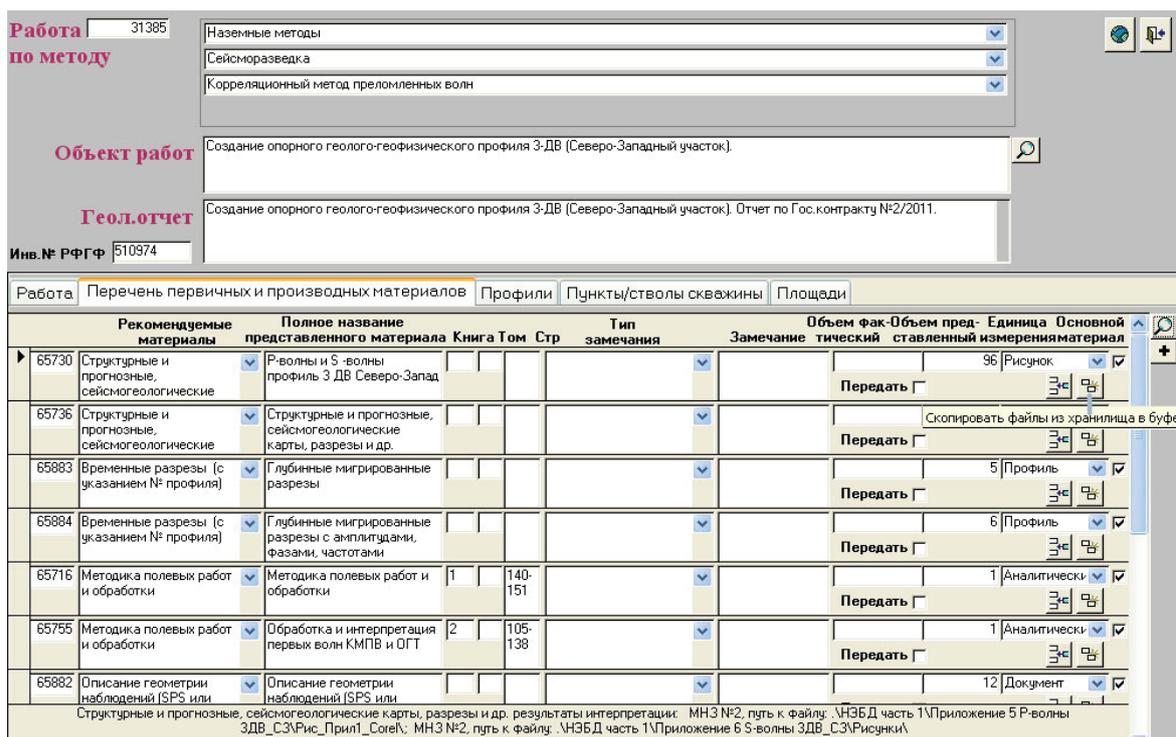


Рис. 11. Кнопка копирования файлов первичного/производного материала из хранилища ГБЦГИ в буфер на компьютере пользователя

Заключение

КИПС является важным динамично развивающимся звеном ГБЦГИ, предоставляющим развитые средства поиска и возможности полного и оперативного использования цифровой геологической информации. В настоящее время КИПС сопряжена с хранилищем цифровых материалов ГБЦГИ, то есть в результате поиска пользователю в локальной сети доступны не только метаданные, но и сами информационные ресурсы ГБЦГИ.

КИПС ГБЦГИ развивается как система управления данными хранилища ГБЦГИ, совершенствуется система информационных запросов. Предусматривается также предоставление посредством веб-подсистемы КИПС всех открытых информационных ресурсов ГБЦГИ (бесплатное для государственной и на основе электронных платежных систем для коммерческой составляющей фонда).

Ключевые слова: геоинформация, СУБД, запрос, поиск, интеграция, хранилище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блискавицкий А.А., Юон Е.М., Ковтонюк Г.П., Боголюбский А.Д., Мерецкова Т.Ф. Картографическая информационно-поисковая система Государственного банка цифровой геологической информации // Геоинформатика. – 2007. – № 3. – С. 48-55.
2. Блискавицкий А.А., Юон Е.М., Боголюбский А.Д., Мерецкова Т.Ф. Интеграция приложений ESRI

3. Блискавицкий А.А., Юон Е.М., Боголюбский А.Д., Мерецкова Т.Ф. Интеграция и представление информации в Картографической информационно-поисковой системе ГБЦГИ // Геоинформатика. – 2009. – № 2. – С. 1-11.
4. Блискавицкий А.А. Современное состояние и перспективы развития Картографической информационно-поисковой системы (КИПС) ГБЦГИ // Геоинформатика. – 2011. – № 3. – С. 1-16.
5. Блискавицкий А.А. Концептуальное проектирование ГИС и управление геоинформацией. Технологии интеграции, картографического представления, веб-поиска и распространения геоинформации. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2012. – 484 с.
6. Мейер Д. Теория реляционных баз данных. – М. : Мир, 1987. – 608 с.
7. Шаши Ш., Санжей Ч. Основы пространственных баз данных. – М. : Кудиц-образ, 2004. – 336 с.
8. OpenGIS Implementation Standard for Geographic information – Simple feature access – Part 2: SQL option. OGC 06-104r4, Version: 1.2.1, 2010.
9. ISO/IEC 13249-3:2011 RSS Information technology – Database languages – SQL multimedia and application packages – Part 3: Spatial.