

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 556.3.04

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО ФОНДА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ МЕЛКОМАСШТАБНОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

© 2022 г. Т. С. Егоров^{1,*}

¹ *Институт водных проблем РАН, ул. Губкина, д. 3, Москва, 119333 Россия*

**e-mail: tsegorov@mail.ru*

Поступила в редакцию 09.06.2021 г.

После доработки 27.09.2021 г.

Принята к публикации 19.10.2021 г.

Структура хранения большого массива данных и его представления чрезвычайно важна для различных мелкомасштабных гидрогеологических исследований. В статье предложена структура первичных и сопровождающих баз данных, состав и объем необходимой информации, формы ее введения и программные решения, обеспечивающие связь баз данных с картографическими материалами. В качестве примера представлен структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации, использованный при создании гидрогеодинамической модели Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна.

Ключевые слова: база данных, гидрогеологическое картографирование, ГИС, гидрогеодинамическое моделирование

DOI: 10.31857/S0869780922010040

ВВЕДЕНИЕ

В эру информационных технологий геоинформационные системы (ГИС) нашли широкое применение при производстве гидрогеологических работ. Картографическая обработка гидрогеологической информации является единственным средством эффективного обобщения результатов более ранних работ, позволяя создавать гидрогеологические карты различного содержания: гидрогеологические, гидрохимические, прогнозных ресурсов, защищенности и другие [6]. При составлении подобных карт используется огромный объем накопленных эмпирических и модельных данных, которые являются результатом ранее проведенных работ, отличающихся методологической основой, аналитической базой, точностью оценки параметров и характеристик, кругом и полнотой решенных задач, глубиной картографирования [10].

История развития систем хранения гидрогеологической информации в России начинается с 1937 г. после образования Всесоюзного геологического фонда. В дальнейшем информационные системы видоизменялись в зависимости от используемых технических средств: от механизированных до электронно-вычислительных машин и персональных компьютеров. В настоящее время широкое применение в области гидрогеологиче-

ского изучения недр получили информационные системы, разработанные в ЗАО “Геолинк Консалтинг” с программным обеспечением ГИС-Geolink, ГНЦ ВНИИгеосистем (информационная система “Учет и баланс подземных вод”), ЗАО “ГИДЭК” (GeoCODE) и др. Первые две информационные системы предназначены в основном для ведения мониторинга геологической среды и учета запасов подземных вод; последняя — для обработки данных геолого-разведочных работ и геоэкологических исследований на детальном и локальном уровнях [14]. Данные информационные системы направлены для решения конкретных задач и не могут в полной мере использоваться для регионального гидрогеологического картографирования.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Анализ работ по созданию и применению структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации (СФГИ) при мелкомасштабном картографировании по созданным объектам за последние 20 лет позволил сформулировать основные их недостатки.

1. *Нормативно-методическая обеспеченность.* Нормативно-методические документы мелко-

масштабного гидрогеологического картографирования разрабатывались и совершенствовались на протяжении более 50 лет. Несмотря на то, что действующий в настоящее время методический документ [7] направлен на создание цифрового комплекта гидрогеологических карт, де-факто он ориентирован на создание “бумажной” версии с использованием компьютерных средств. Документ имеет существенные пробелы в структуре хранения и представления первичной базы данных и их увязке с картографической продукцией. В этих документах основные понятия как СФГИ, картографический и фактографический фонд, эталонная база знаков, эталонная база данных и прочие не определены, тем более не представлена их структура. Таким образом, формирование используемой информации и данных отдается на откуп Исполнителю и, зачастую, представляет собой набор несвязанных таблиц и условную completeness карт с хаотичным набором слоев покрытий.

Одной из важных проблем остается увязка картографической и фактографической информации между соседними листами или гидрогеологическими структурами. Особенно остро вопрос встает при согласовании гидрогеологического районирования и гидрогеологической стратификации, которые выполнялись по различным схемам и требованиям. К примеру, с 1998 по 2011 г. требования к гидрогеологической стратификации менялись 4 раза при среднем сроке проведения картосоставительских гидрогеологических работ в течение 3–4 лет. Нередка практика, когда картографирование объектов начинали выполнять по одним требованиям, а заканчивали по другим. При этом эти требования не дополнялись, а существенно изменялись и противоречили друг другу. Существенным моментом являлось то, что последующими нормативными документами не отменялись предыдущие [1]. Фактически наблюдается следующая картина, что согласно утвержденному документу [13] гидрогеологические карты составляются по серийным геологическим легендам на основе местных и региональных стратиграфических схем. Однако на практике активно используется неутвержденный документ [5], где принципы расчленения гидрогеологического разреза основываются на общепринятой стратиграфической шкале.

Решение проблемы нормативно-методической обеспеченности региональных гидрогеологических работ очевидно и заключается в подготовке, апробации и дальнейшем вводе в действие иерархичной и согласованной системы новых методических документов, во главе которых должно стоять “Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт России масштаба 1:1 000 000”. Для повышения эффективности ре-

гиональных работ методическое руководство необходимо сопроводить следующими документами:

- требования и принципы гидрогеологической стратификации разреза гидрогеологических структур;
- единое гидрогеологическое районирование территории России;
- единые требования к составу, структуре и форматам представления в Научно-редакционный совет (НРС) Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных гидрогеологических карт;
- единая эталонная база данных (ЭБД) гидрогеологической информации для региональных работ;
- единая эталонная база знаков (ЭБЗ).

Стоит отметить, что попытка ввода ЭБЗ в гидрогеологическое картографирование впервые была предпринята коллективом авторов ФГУП “ВСЕГИНГЕО” в 2014 г., а в 2019 г. для внутреннего пользования ФГБУ “Гидроспецгеология” принял адаптированную ее версию. Новая версия ЭБЗ должна рассматриваться только совместно с ЭБД и иметь общее кодирование информации, используя принятые общероссийские, отраслевые и общесистемные классификаторы и сохраняя преемственность баз знаков из смежных направлений, в частности, разработанную в ФГБУ “ВСЕГЕИ” эталонную базу изобразительных средств, предназначенную для геологического картографирования.

2. *Качество информации.* Проблему качества информации можно разделить на 2 группы: зависящую и независящую от Исполнителя. К первой группе помимо ошибок и субъективности Исполнителя относится использование устаревших материалов и игнорирование современных данных. Изобилие фактического материала при его разном качестве требует целенаправленного подхода. Внедрение критериев отбора исходной информации, которые будут определять приоритет источников ее получения, – единственный способ решения данной проблемы. Данные о месторождениях подземных вод следует заимствовать из информационной системы “Учет и баланс подземных вод” и бюллетеней Росгеолфонда; информацию по добыче питьевых, технических и минеральных подземных вод из форм федерального статического наблюдения 3-ЛС – для минеральных вод и 4-ЛС – для питьевых и технических подземных вод [6]. Однако для создания комплекта гидрогеологических карт приведенных в них данных недостаточно, поэтому необходимо сбор отчетов по разведочным и поисково-оценочным работам на подземные воды, также необходимо привлечение материалов обзорного и крупномасштабного картографирования. Фактический материал должен частично перекрывать

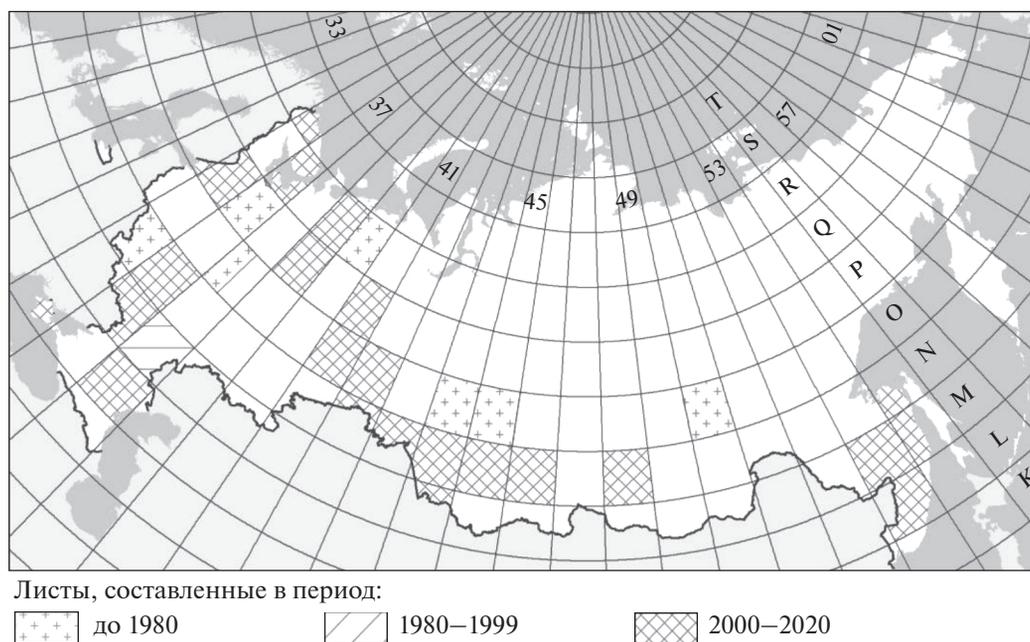


Рис. 1. Картограмма гидрогеологической изученности территории России масштаба 1:1000000 по состоянию на 01.01.2021 г.

территорию листов соответствующей номенклатуры и характеризовать природные условия.

Ко второй группе относятся:

- быстрое “устаревание” гидрогеологической информации (для территорий с интенсивным использованием подземных вод величина составляет около 20–25 лет);

- доступность геологических фондов организации (часть отчетов не направляется в общедоступные геологические фонды, хранение осуществляется во внутренних фондах организаций);

- рукописное и бумажное хранение информации, отсутствие электронных версий отчетов;

- условность координатных привязок гидрогеологических объектов;

- искаженные данные из-за их многократной интерпретации под задачи, отличающиеся от исходных;

- арифметические ошибки и прочее.

Выявление проблемы качества информации, связанной с неточностями и ошибками в исходных данных, полностью зависит от квалификации Исполнителя и его умения интерпретировать исходную информацию по принципу: целое – частное, частное – целое.

3. *Отсутствие опережающего фактографического фонда гидрогеологической информации.* Несмотря на активизацию региональных работ в последние 20 лет, гидрогеологическая изученность территории России в полистной мелкомасштаб-

ной съемке находится на уровне 25% (рис. 1). Внедрение опережающего фактографического фонда гидрогеологической информации позволит не только увеличить прирост гидрогеологической изученности, но и повысить качество картографической продукции, в следствие чего увеличится эффективность использования собранных материалов и согласованность разных карт между собой. При этом опережающий фактографический фонд не должен быть окончательным продуктом, а лишь основой для его последующего пополнения на всех этапах реализации проекта. Создание опережающего фактографического фонда рационально только в случае создания мониторинга региональных гидрогеологических работ. Практика введения мониторинга региональных работ уже внедрена геологами.

4. *Нормализация представления картографической продукции.* Согласно [7], цифровые модели карт представляются на основании требований к геологическим картам [3]. Учитывая, что карты гидрогеологического и геологического комплекта различны, Исполнитель вправе трактовать предлагаемые требования по-своему. В результате часть значимой информации (например, полученной в ходе полевых или аналитических работ) может быть не востребована в итоговой продукции или, наоборот, происходит необоснованное ее перенасыщение. Также остается нерешенным вопрос, что должно представляться в печатном, а что в цифровом виде, есть ли необходимость полного дублирования или же полную информацию хранить только в электронном виде, а в бумаж-

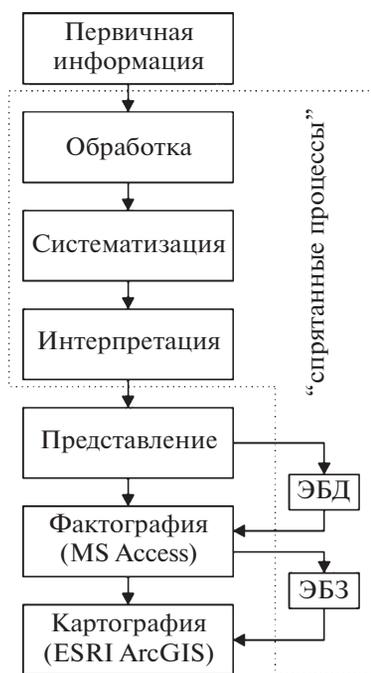


Рис. 2. Принципиальная схема структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации.

ном — частично. Особенно это касается информации, полученной в ходе полевых работ, когда данные сначала вносятся в полевые дневники, акты обследования водопунктов, акты полевых лабораторных исследований, акты отбора проб и прочую полевую документацию; затем эти же данные благополучно дублируются в базы данных и оцифровываются, что неизбежно приводит к техническим ошибкам. Учитывая опыт ведения полевой геологической документации [15], целесообразно начать разработку собственного программного обеспечения, адаптированного под задачи гидрогеологического картографирования.

Еще одной из важных проблем остается отсутствие уникального идентификатора водопункта или беспорядочное его присвоение. В первом случае номера водопунктов принимаются как в первоисточнике, в результате в базах данных хранятся разные водопункты с одинаковым номером. Во втором — уникальный идентификатор определяется порядковым номером внесения водопункта в базу данных, в результате в печатном макете карты найти его становится весьма затруднительно.

Большинство проблем необходимо решать незамедлительно, используя системный подход с привлечением широкого круга специалистов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В работе представлен типовой СФГИ, основной задачей которого является учет и сохранение разнородной первичной информации для различных мелкомасштабных гидрогеологических исследований, в том числе создания комплектов Государственных гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 и специализированных работ по региональной оценке прогнозных ресурсов.

Результатом применения СФГИ являются апробированные работы на НРС Роснедра при создании комплектов гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000: для листа Р-39-Сыктывкар (ФГБУ «Гидроспецгеология», 2019 г.); для Печорского артезианского бассейна (ФГУП «ВСЕГИНГЕО», 2016 г.). Одной из основных проблем при их создании гидрогеологической карты Печорского артезианского бассейна являлось обобщение и приведение в соответствие разрозненных и несогласованных локальных схем по 8 листам Государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 (ГГК-1000) и ГГК-200 разных поколений с разной степенью изученности. Помимо картосоставительских работ, СФГИ был применен при построении гидрогеодинамической модели Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна (Институт водных проблем РАН, 2020 г.) [2].

СФГИ реализован в программной связке ESRI ArcGIS, являющимся одним из лидеров в индустрии ГИС, имеющих широкое распространение в мире и, в частности, в России, обладающий большими возможностями по созданию, редактированию и визуализации различных пространственных данных, и доступный для большинства пользователей MS Office Access, имеющий широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных.

Принципиальная схема СФГИ представлена на рис. 2 и заключается в манипуляции с первичной информацией путем ее обработки, систематизации и интерпретации, и в представлении ее сначала в фактографическом виде с использованием эталонной базы данных, затем уже в картографическом виде при помощи эталонной базы знаков.

Структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации представлен на рис. 3 и состоит из картографического фонда и базы данных первичной информации, включающей данные фактографического фонда. Все гидрогеологические карты и схемы, выполненные в программном обеспечении ESRI ArcGIS, собраны в цифровом виде в картографическом фонде. Принципиальная структура картографического фонда позаимствована из [3, 8] и дополнена [7] с

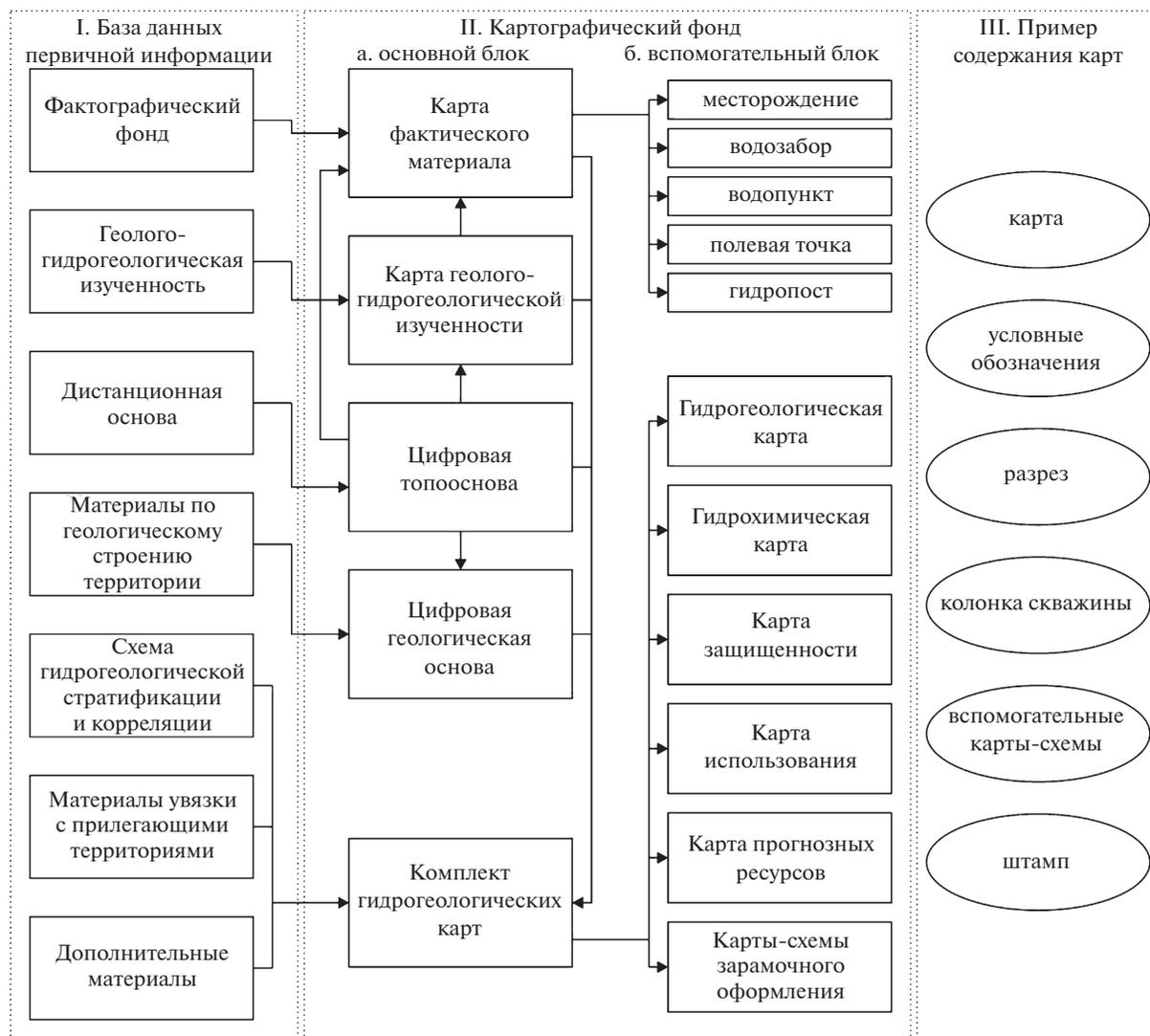


Рис. 3. Структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации.

авторскими изменениями. База данных первичной информации характеризуется тем, что в ней хранятся материалы в аналоговом и цифровом виде, которые реализованы в картографическом фонде. В общем случае аналоговая информация дублируется в цифровом виде с использованием ЭБД и включает:

- описание точек наблюдения при проведении гидрогеологических маршрутов;
- первичная документация скважин;
- журналы отбора проб подземных вод;
- акты обследования источников, колодцев, скважин, водозаборов;
- журналы гидрологических исследований;

– результаты лабораторно-аналитических исследований;

– другие первичные данные, полученные в ходе работ.

ФАКТОГРАФИЧЕСКИЙ ФОНД

Структурированный фонд фактографической информации (СФФИ) содержит информацию о геологических, гидрохимических и гидродинамических характеристиках объектов, вскрывших подземные воды на территории исследования. Это информация об опробованных в ходе полевых работ водозаборах, родниках, а также ретроспективные данные, включающие информацию в основном об эксплуатационных и гидрогеологи-

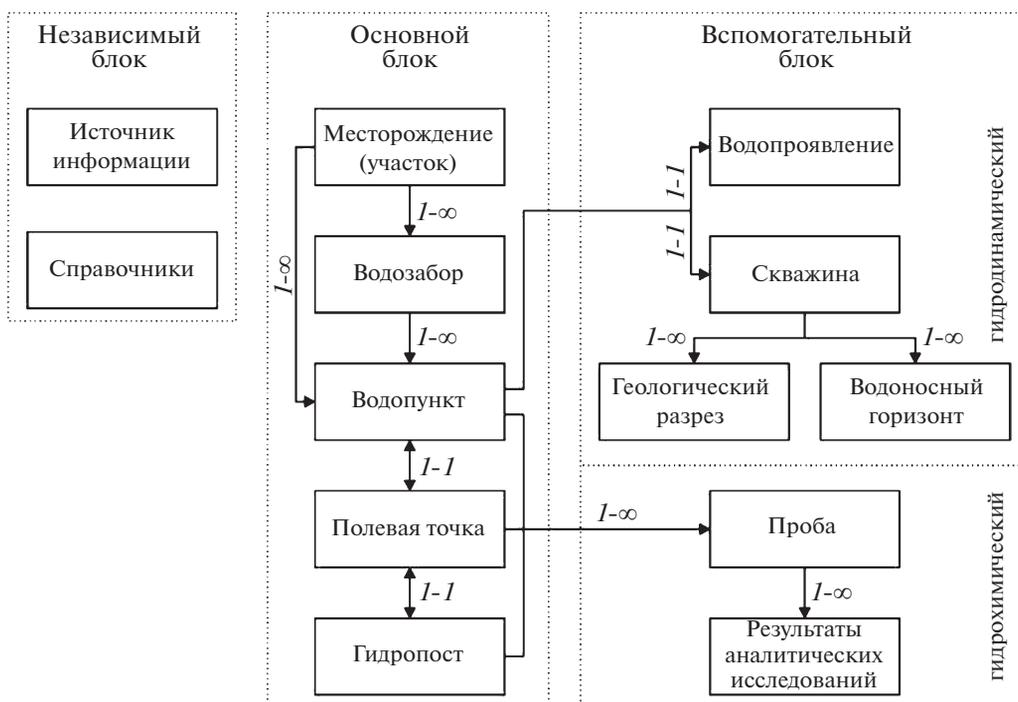


Рис. 4. Структура фонда фактографической информации.

ческих скважинах, данные мониторинга об уровне и химическом составе подземных вод, а также данные о ресурсах подземных вод – о месторождениях пресных и минеральных вод. СФФИ объединяет блоки информации по объектам физического опробования, опорным скважинам, месторождениям пресных и минеральных вод, водозаборам, таблицы с данными по гидродинамическим и гидрохимическим характеристикам водоносных горизонтов, а также классификаторы и вспомогательные таблицы. Связи между таблицами в пределах информационных блоков поддерживают целостность данных [4], что исключает появление дубликатов и потерянных записей.

Работа с СФФИ реализована внутри рабочей группы по локальной сети, что позволяет всем ее участникам одновременно просматривать, изменять, пополнять фактографический фонд. В СФФИ заложено автоматическое ведение журнала изменений записей участниками в таблицах. Встроенные запросы позволяют выявлять ряд ошибок при внесении данных. Защита СФФИ выполнена шифрованием внутри рабочей группы, также предусмотрено автоматическое резервное копирование в установленные сроки. Аналогично с [11] окончательная версия СФФИ получается только согласованно и после нескольких итераций обработки информации.

Структура фактографического фонда представлена 3 блоками (рис. 4): независимый, основной, вспомогательный. Вся информация в этих блоках на логическом уровне представлена единственным способом – значениями в таблицах.

В независимый блок включены таблицы справочников и источника первичной информации. Таблицы справочников предназначены для классификаций объекта гидрогеологического изучения и его признаков, а также для сортировки и быстрого поиска. Наличие большого количества справочников минимизирует ошибки при заполнении информации. В СФФИ внедрено более 30 классификаторов (справочников): общероссийских, отраслевых, общесистемных и локальных, часть из которых была использована при разработке информационно-аналитической системы для ведения Государственного мониторинга состояния недр "Подземные воды" [12].

Источник первичной информации является по своей сути перечнем используемых документов с информацией о литературном и ином источнике, из которого были получены данные. Уникальный идентификатор первоисточника в СФФИ определен по большей части уникальным номером единицы хранения в Росгеолфонде, реже – в территориальных фондах и прочих базах данных. Хранение сведений о первоисточнике в каждой

таблице позволяет повторно обращаться к исходной информации.

В основной блок включены гидрогеологические объекты, имеющие пространственную привязку: месторождения и участки месторождений, водозаборы, водопункты, точки наблюдения в ходе проведения полевых работ, гидрологические посты. При мелкомасштабном картографировании все эти объекты нивелируются в точечные. Для организации связи объектов фактографического и картографического фондов используется значение уникального идентификатора объекта. Уникальность значений идентификатора соблюдается в рамках всего множества геолого-картографических объектов, информация по которым включена в СФГИ. Каждому объекту основного блока автоматически присвоен неслучайный четырех-пятизначный числовой номер для идентификации объекта на картах. Код объекта представляет собой местоположение на карте, которое определяется системой уравнений (1), тип точечного объекта и его порядковый номер внесения в СФГИ. Местоположение на карте характеризуется пространственным индексом (SPIN), который представляет собой последовательно пронумерованные листы масштаба 1:200 000, начиная с единицы (например, SPIN = 1 для листа P-39-I, SPIN=36 для листа P-39-XXXVI).

$$\begin{cases} X_{\min} < x \leq X_{\max} \\ Y_{\min} < y \leq Y_{\max} \\ \text{SPIN} = (X_{\max} - X_{\min}) \left[\frac{|y - Y_{\max}| n_y}{Y_{\max} - Y_{\min}} \right] + \left[\frac{(x - X_{\min}) n_x}{X_{\max} - X_{\min}} \right], \end{cases} \quad (1)$$

где SPIN – порядковый номер листа номенклатуры листа масштаба 1:200 000; X_{\min} , X_{\max} , Y_{\min} , Y_{\max} – угловые координаты листа; n_y , n_x – шаг разбивки (для номенклатуры листа масштаба 1:1 000 000 принимается равным 6, что соответствует номенклатурам листа масштаба 1:200 000); x , y – координаты гидрогеологического объекта.

Для нормализации данных основного блока создан вспомогательный блок, состоящий из гидродинамической и гидрохимической составляющей. В гидродинамическую включены водопроявления, отражающие информацию о родниках и колодцах; скважины, геолого-гидрогеологические разрезы и водоносные горизонты. В гидрохимическую включены проба и результаты химического опробования. Дополнительно в вспомогательный блок возможно внедрение таблиц с данными о мониторинге геологической среды и модельными данными.

СОЗДАНИЕ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СФГИ

В основе каждой региональной гидрогеодинамической модели должна находиться модельная база, которая будет наполнена необходимой достаточной информацией – параметрами. Набор параметров при этом определяется от выбранного численного метода и заданных граничных условий. При построении гидрогеодинамической модели Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна [2] необходимыми параметрами для решения задачи являлись: гипсометрическое положение гидрогеологических слоев; положение водозаборных и наблюдательных скважин; динамические данные по уровням подземных вод, расходам скважин; инфильтрационное питание; проводимость основного водоносного горизонта и проводимость подрусловых отложений. Данные для построения модели были получены при использовании СФГИ.

Картографическая часть базы включала топографические, геологические, структурные и другие карты масштабов 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000. В результате построен комплект цифровых гидрогеологических карт восточной части Печорского артезианского бассейна. На рис. 5 представлен макет гидрогеологической карты с разрезом исследуемой территории.

Фактографическая часть базы содержала:

- информацию о величинах водоотбора по эксплуатационным скважинам;
- информацию об уровнях подземных вод по режимным и эксплуатационным скважинам на разные моменты времени;
- описание геологических колонок скважин;
- данные об оборудовании скважин;
- результаты опытно-фильтрационного опробования, материалы по условиям лицензирования и т.д.

Входные параметры были импортированы из СФГИ в программный комплекс “ModTech” (© ЗАО “Геолинк Консалтинг”, 2008), в котором была реализована геофильтрационная модель. На основе большого массива данных решена обратная задача и выполнена серия прогнозных решений с последующей оценкой прогнозных ресурсов. Оценка прогнозных ресурсов опиралась преимущественно на материалы крупномасштабных, реже среднемасштабных съемочных работ, а также на данные опытно-фильтрационных работ и фактические данные, полученные при бурении скважин. В работе учтены материалы по 22 месторождениям подземных вод и 111 разведочно-эксплуатационным, поисковым и картировочным скважинам. Полученные модельные результаты

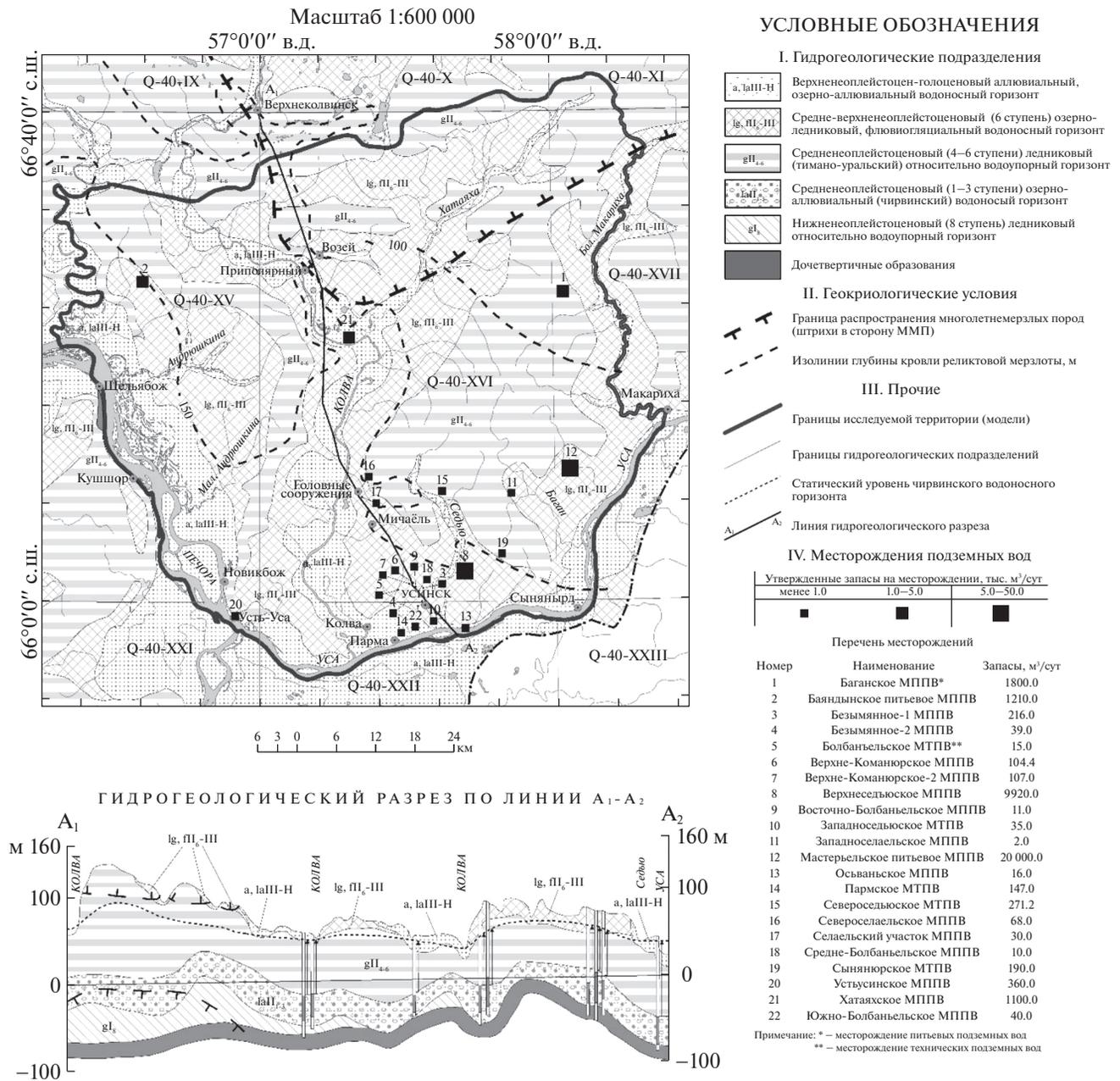


Рис. 5. Макет гидрогеологической карты восточной части Печорского артезианского бассейна.

находятся в хорошем соответствии с результатами предыдущих исследований и дополняют их.

ВЫВОДЫ

Составление гидрогеологических карт при мелкомасштабном картографировании неразрывно связано с хранением и представлением большого массива данных. В работе представлен структурированный фонд гидрогеологической информации, который определяет состав и объем

необходимой информации, формы ее введения и программные решения, обеспечивающие связь баз данных с картографическими материалами.

Сравнение с аналогичными разработками показало, что структура фактографического фонда и его таблиц является достаточно универсальной и способна описывать гидрогеологические объекты при различном масштабе гидрогеологического изучения, в том числе при создании региональных гидрогеодинамических моделей.

В качестве примера представлен СФГИ, использованный при создании гидрогеодинамической модели Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна. Согласованность фактографического и картографического фонда позволяет автоматизировано обрабатывать огромный массив исходной информации и строить карты различного содержания с учетом, однако, того обстоятельства, что составление карт есть творческий процесс, который не может быть полностью формализован и передан компьютеру [9].

Дальнейшие работы по хранению и представлению информации при гидрогеологическом картографировании рекомендуется направить на:

1) подготовку, апробацию и ввод в действие научно-методических документов, повышающих эффективность региональных работ;

2) создание мониторинга региональных гидрогеологических работ и опережающего фактографического фонда гидрогеологической информации;

3) создание единого информационного онлайн-ресурса на основе составленных гидрогеологических карт.

4) разработку и создание региональных гидрогеологических моделей на основе 3-мерного картографирования как наиболее адекватного способа представления информации о геологической среде.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дубинский А.П.* Гидрогеологическая стратификация. Вопросы без ответов // Разведка и охрана недр. 2019. № 11. С. 16–21.
2. *Егоров Т.С.* Оценка прогнозных ресурсов подземных вод Усинского района (восточной части Печорского артезианского бассейна) с использованием гидрогеодинамического моделирования // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 3. С. 243–253. <https://doi.org/10.31857/S032105962103007X>
3. Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1:1000000 и 1:200000. Версия 1.6. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 280 с.
4. *Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др.* Геоинформатика: в 2 кн. / Под ред. В.С. Тикунова. М.: Издательский центр “Академия”, 2008. 384 с.
5. Карта гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2500000 (для ведения мониторинга подземных водных объектов) и унифицированные схемы объектов гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации (артезианских бассейнов) / Составители С.Л. Пугач, С.В. Кокорева, И.А. Коваленко. М.: ФГУГП “Гидроспецгеология”, 2011. URL: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c883ec9081347a29677c4f50f2644d5f>
6. *Лукьянчиков В.М., Плотникова Р.И., Челидзе Ю.Б., Егоров Т.С. и др.* Результаты и проблемы государственного гидрогеологического картографирования // Разведка и охрана недр. 2019. № 3. С. 48–55.
7. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт Российской Федерации масштабов 1:1000000 и 1:200000. М.: Минприроды, Роснедра, ФГУП “ВСЕГИНГЕО”, 2015. 112 с.
8. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000000 (третьего поколения). Версия 1.4. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 169 с.
9. *Миронов О.К.* Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы // Геоэкология. 2011. № 3. С. 198–214.
10. *Миронов О.К.* Концепция базы знаний в фондах геологической информации // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 1. С. 78–84.
11. *Миронов О.К., Викторов А.А., Фесель К.И.* О проблемах ведения баз данных фондовой информации // Геоэкология. 2011. № 5. С. 455–464.
12. *Митракова О.В., Аракчеев Д.Б., Тимонина Е.В.* Технология разработки и внедрения информационно-аналитической системы мониторинга состояния подземных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–4. С. 1144–1148.
13. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200000 и 1:1000000 / Составители Р.К. Шахнова, М.С. Голицын, В.В. Куренной, Е.В. Полозова, А.А. Шпак (ВСЕГИНГЕО), Л.В. Леоненко (МПР России). М.: МПР РФ, 2001.
14. *Сахаров И.В., Язвин А.Л.* Характеристика программно-алгоритмического комплекса GeoCODE // Разведка и охрана недр. 2010. № 10. С. 42–47.
15. *Червяков Р.В., Перлов Д.К., Коннов А.Г.* Использование технологии геологической документации Shegra на мобильных устройствах при проведении полевых работ // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: матер. 28-й науч. конф., Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 188–191.

THE EXPERIENCE IN CREATING AND IMPLEMENTING THE STRUCTURED FUND OF HYDROGEOLOGICAL INFORMATION IN SMALL-SCALE MAPPING

T. S. Egorov^{a,#}

^aWater Problems Institute, Russian Academy of Sciences,
ul. Gubkina, 3, Moscow, 119333 Russia

[#]e-mail: tsegorov@mail.ru

The structure of storing large amount of data and its presentation are extremely important for various small-scale hydrogeological studies. The structure of primary and accompanying databases, content and amount of necessary information, ways of its introduction to software solutions providing linking the database to cartographic materials are offered. As an example, the structured database of geological and hydrogeological information, which was used during the hydrogeodynamic modeling of Usinsk region, eastern part of Pechora Artesian Basin, is considered.

Keywords: database, hydrogeological cartography, GIS, hydrogeodynamic modeling

REFERENCES

- Dubinskii, A.P. *Gidrogeologicheskaya stratifikatsiya. Voprosy bez otvetov* [Hydrogeological stratification. Unanswered questions]. Moscow, *Razvedka i okhrana nedr*, 2019, no. 11, pp. 16–21. (in Russian)
- Egorov, T.S. Assessing forecast groundwater resources in Usinskii raion, Eastern Pechora Artesian basin, with the use of hydrogeodynamic modeling. *Water Resources*, 2021, no. 48, pp. 335–344. <https://doi.org/10.1134/S0097807821030076>.
- Edinye trebovaniya k sostavu, strukture i formatam predstavleniya v NRS Rosnedra komplektov tsifrovyykh materialov listov Gosudarstvennykh geologicheskikh kart masshtabov 1:1000000 i 1:200000. Versiya 1.6* [Uniform requirements for the composition, structure and submission formats of sets of digital materials to sheets of State geological maps, scales of 1:1000000 and 1:200000 to Rosnedra. Version 1.6]. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2019, 280 p. (in Russian)
- Kapralov, E.G., Koshkarev, A.V., Tikunov, V.S. *Geoinformatika* [Geoinformatics]. Moscow, Akademiya Publ., 2008. 384 p. (in Russian)
- Karta gidrogeologicheskogo raionirovaniya territorii Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:2500000 (dlya vedeniya monitoringa podzemnykh vodnykh ob'ektov) i unifikirovannyye skhemy ob'ektov gidrogeologicheskoi stratifikatsii territorii Rossiiskoi Federatsii (artezianskikh ob'ektov)* [Map of hydrogeological zoning of the Russian Federation territory to a scale 1:2500000 (for monitoring subsurface water bodies) and unified schemes of hydrogeological stratification objects in the Russian Federation territory (artesian basins)]. Pugach, S.L., Kokoreva, S.V., Kovalenko, I.A. Moscow, FGUGP Gidrospeleologiiya Publ., 2011. URL: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c883ec9081347a29677c4f50f2644d5f>. (in Russian)
- Luk'yanchikov, V.M., Plotnikova, R.I., Chelidze, Yu.B., Egorov, T.S. *Rezyl'taty i problemy gosudarstvennogo gidrogeologicheskogo kartografirovaniya* [The results and problems in the state hydrogeological mapping]. Moscow, *Razvedka i okhrana nedr*, 2019, no. 3, pp. 48–55. (in Russian)
- Metodicheskoe rukovodstvo po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu listov gosudarstvennykh gidrogeologicheskikh kart Rossiiskoi Federatsii masshtabov 1:1000000 i 1:200000* [Methodological guidelines for the compilation and preparation for publication of sheets of state hydrogeological maps of the Russian Federation of scales 1:1000000 and 1:200000]. Moscow, VSEGINGEO, 2015, 112 p. (in Russian)
- Metodicheskoe rukovodstvo po sostavleniyu i podgotovke k izdaniyu listov gosudarstvennoi geologicheskoi karty Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:1000000 (tret'ego pokoleniya). Versiya 1.4* [Methodical guidelines for the compilation and preparation for publication of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1000000 (the 3rd generation). Version 1.4]. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2019, 169 p. (in Russian)
- Mironov, O.K. *Geoinformatsionnye tekhnologii dlya sostavleniya kryptomasshtabnykh geologicheskikh kart territorii Moskvy* [Geoinformatonal technologies for the large-scale geological mapping of Moscow]. Moscow, *Geoekologiya*, 2011, no. 3, pp. 198–214. (in Russian)
- Mironov, O.K. *Kontseptsiya bazy znaniy v fondakh geologicheskoi informatsii* [The concept of a knowledge base in geological information funds]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2017, vol. 87, no. 1, pp. 87–92. <https://doi.org/10.1134/S1019331616060058>. (in Russian)
- Mironov, O.K., Viktorov, A.A., Fesel', K.I. *O problemakh vedeniya baz dannykh fondovoi informatsii* [About the maintenance of geological archive database]. *Geoekologiya*, 2011, no. 5, pp. 455–464. (in Russian)
- Mitrakova, O.V., Arakcheev, D.B., Timonina, E.V. *Tekhnologiya razrabotki i vnedreniya informatsionno-analiticheskoi sistemy monitoringa sostoyaniya podzemnykh vod* [Technology of development and introduction

- of the informational analytical system for monitoring the groundwater condition]. Samara, *Izvestiya Samar-skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2010, vol. 12, no. 1–4, pp. 1144–1148. (in Russian)
13. *Osnovnye polozheniya po sostavleniyu seriinykh legend gosudarstvennykh gidrogeologicheskikh kart masshtaba 1:200000 u 1:1000000* [The main provisions on the compilation of serial legends to state hydrogeological maps, scale 1:200000 and 1:1000000]. Compiled by R.K. Shakhnova, M.S. Golitsyn, V.V. Kurennoi, E.V. Polozova, A.A. Shpak, L.V. Leonenko. Moscow, MPR of the Russian Federation, 2001. (in Russian)
14. Sakharov, I.V., Yazvin, A.L. *Kharakteristika programmno-algoritmicheskogo kompleksa GeoCODE* [Characteristics of the software algorithmic complex GeoCODE]. Moscow, *Razvedka i okhrana nedr*, 2010, no. 10, pp. 42–47. (in Russian)
15. Chervyakov, R.V., Perlov, D.K., Konnov, A.G. *Is-pol'zovanie tekhnologii geologicheskoi dokumentatsii Sherpa na mobil'nykh ustroistvakh pri provedenii polevykh rabot* [The use of Sherpa geological documentation technology on mobile devices during field work]. Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-North Ural segment. Proc. 28th Scientific Conference, Syktyvkar, Institute of Geology, Komi Research Centre, Ural Division RAS, 2019. pp. 188–191. (in Russian)