

Д.Б. Бармакова
Satbayev University, Алматы, Казахстан
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАНЫХ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Понимание и управление ресурсами подземных вод требуют интеграции большого количества качественных данных из различных источников. Из-за ограничений в доступе к информации, связанной с подземными водами и условиями недр, сбор имеющейся существующей информации имеет решающее значение при проведении успешного гидрогеологического исследования. Здесь представлен подход к разработке базы данных о грунтовых водах. Данная пространственная база геоданных, реализуемая в ГИС, связана с реляционной. Так как основой информационно-аналитической системы мониторинга орошаемых земель является база данных, она позволяет пользователю запрашивать соответствующую информацию. Кроме того, стратиграфические данные, хранящиеся в пространственной базе данных, могут быть использованы для построения 3D-моделей подземных структур. Для хранения и анализа такого большого объема информации требуется системная организация и автоматизация обработки многих процессов, поэтому информационное обеспечение является важной частью мониторинга.

Ключевые слова: база данных, мониторинг, литологический состав, гидрогеологические условия, массив орошения

Введение. Устойчивое управление ресурсами подземных вод является очень сложной задачей; основная проблема заключается в том, что информация, относящаяся к недрам, является редкой и часто труднодоступной. Оросительные системы представлены разрозненными участками во всех административных районах Алматинской области и привязаны к различным водным источникам. На этих землях проводятся гидрогеологические наблюдения за уровнем-солевым режимом подземных вод по скважинам, гидрологические и гидрохимические наблюдения за оросительными и коллекторно-дренажными водами, почвенно-мелиоративные работы за засолением почвенного покрова, лабораторные исследования воды и почв и другие сопутствующие работы [1].

Проведение мониторинга на этих землях предусматривает сбор и систематизацию данных по гидрогеологическим, гидрохимическим, почвенно-мелиоративным, климатическим, водохозяйственным и сельскохозяйственным условиям и другим показателям [2]. Для хранения и анализа такого большого объема информации требуется системная организация и автоматизация обработки многих процессов [3]. Поэтому информационное обеспечение является важной частью мониторинга, которое должно позволять систематизировать данные наблюдений, наглядно отображать пространственные объекты и комплексно анализировать происходящие гидрогеолого-мелиоративные процессы и явления [4]. Доступ к пространственной базе данных может также помочь в прогнозе и планировании за счет эффективного использования всей имеющейся информации.

В статье рассмотрена методология создания геоинформационно-аналитической системы для организации мониторинга орошаемых земель, а также базы геоданных для представления систем водоносных горизонтов в различных масштабах.

Материалы и методы. Природные ландшафты юго-востока Казахстана имеют широкое разнообразие и представлены горноскладчатыми районами, межгорными и предгорными впадинами и равнинными территориями с базисом эрозии в сторону озера Балхаш. С учетом климатических условий, который характеризуется как резко континентальный, и имеющихся поверхностных водных источников, здесь развито поливное земледелие на общей площади 584 тыс.га [1].

Гидрогеологические условия играют важную роль в формировании всех процессов водо- и солеобмена на орошаемых землях. Подземные воды, их глубина залегания и химизм непосредственно с почвенным покровом в условиях орошения находятся в тесной взаимосвязи и определяют основные мелиоративные показатели [2]. Изучение режима грунтовых вод на орошаемых землях, выявление всех факторов, оказывающих на них влияние, определение условий формирования по типам режима и пространственные границы воздействия позволяет прогнозировать изменения гидрогеолого-

мелиоративных условий, разрабатывать проекты по улучшению состояния орошаемых земель и инженерно-экологической реконструкции оросительных систем.

Для проведения мониторинга орошаемых земель в Алматинской области на юго-востоке Казахстана разработана геоинформационно-аналитическая система ГИС «Мониторинг орошаемых земель», которая обеспечивает хранение и управление результатами наблюдений [2]. ГИС представляет многоуровневую систему, построенную по уровням иерархии и связанным с ним объектами управления, орошения и хозяйствующим субъектам. На каждом уровне определены источники поступления и характер вводимой информации [1].

Информация в базе данных ГИС хранится в виде соответствующих информационных таблиц, которые содержат сведения, характеризующие различные объекты (гидрогеологические, почвенные, водохозяйственные, климатические и т.д.).

В рамках данной работы основные данные были получены из паспортов скважин, буровых журналов, журналов наблюдений за УГВ. Информация, касающаяся ресурсов подземных вод, включает множество различных типов данных, включая географическое и подземное расположение водоносных горизонтов, их природу, геометрию. Дополнительная информация и параметры вводятся на основе первичных данных в пределах пространственной базы данных.

Результат. Различные карты объектов мониторинга могут быть сгенерированы из базы геоданных в ArcGIS. Эти карты, которые можно создать, включают расположение всех скважин, существующих на массиве или местоположение скважины, для которой была получена конкретная информация, такая как литологическая колонка, химический анализ подземных вод, а также гидрогеологические параметры, включая водопроницаемость. База геоданных также содержит расположение поперечных сечений, на которых доступна стратиграфическая информация. Используя описание [5, 6, 8], мы применили ArcHydroGroundwater (АНГВ) к фактической базе геоданных, созданной для орошаемых земель. Модель данных о подземных водах предоставляет структуры данных для представления 2D и 3D гидрогеологических характеристик, таких как скважины, водоносные горизонты, поперечные сечения и блоки [8]. АНГВ, добавленный в качестве инструмента в ArcGIS, позволяет отображать и анализировать информация в геопространственном контексте посредством привязки данных о недрах, включая скважины, наброски поперечных сечений и блоки.

Модель базы геоданных представляет собой организационный формат, аналогичный структуре базы данных, применяемой в существующей геоинформационно-аналитической системе «Мониторинг орошаемых земель» [2]. Основная таблица называется Well и соответствует центральной таблице скважин (рис. 1) базы геоданных, который служит для определения местоположения наблюдательных скважин. Эта таблица связана с таблицей журнала скважин, которая соответствует таблице стратиграфии базы геоданных. Другая соответствующая таблица базы данных АНГВ озаглавлена «Гидрогеологическая единица» (HGUID) и содержит сведения о геологическом и литологическом строении, их идентификаторе, определении и коде [8, 9]. Эта таблица связана с таблицей стратиграфии. Другие таблицы АНГВ (рис. 1) являются выходными таблицами, полученными из результатов геомоделирования АНГВ (профиль, линия разреза, точка разреза, GeoSection, GeoRaster и GeoVolume).

Инструмент «Borehole/Well Editor» позволяет пользователю визуализировать литологию скважины. Каждой гидрогеологической единице, обнаруженной в скважине, присваивается уникальный идентификатор гидрогеологической единицы (HGUID), наблюдаемый между верхним и нижним границами толщи (рис. 2А). Каждая литологическая колонка разделена на сегменты; каждому сегменту присваивается идентификатор HGUID для идентификации литологической (геологической) единицы. Линии скважин создаются на основе таблицы журнала скважин, в которой представлена стратиграфия каждой скважины, наблюдаемая в каждой скважине. Поскольку каждая скважина привязана к географической привязке, становится возможным визуализировать линии скважин в 3D-среде с помощью ArcScene, приложения для 3D-визуализации ArcGIS (рис. 2В). Граничные линии также могут быть в сочетании с цифровой моделью рельефа (ЦМР) для визуализации литологического состава исследуемой области (рис. 2С).

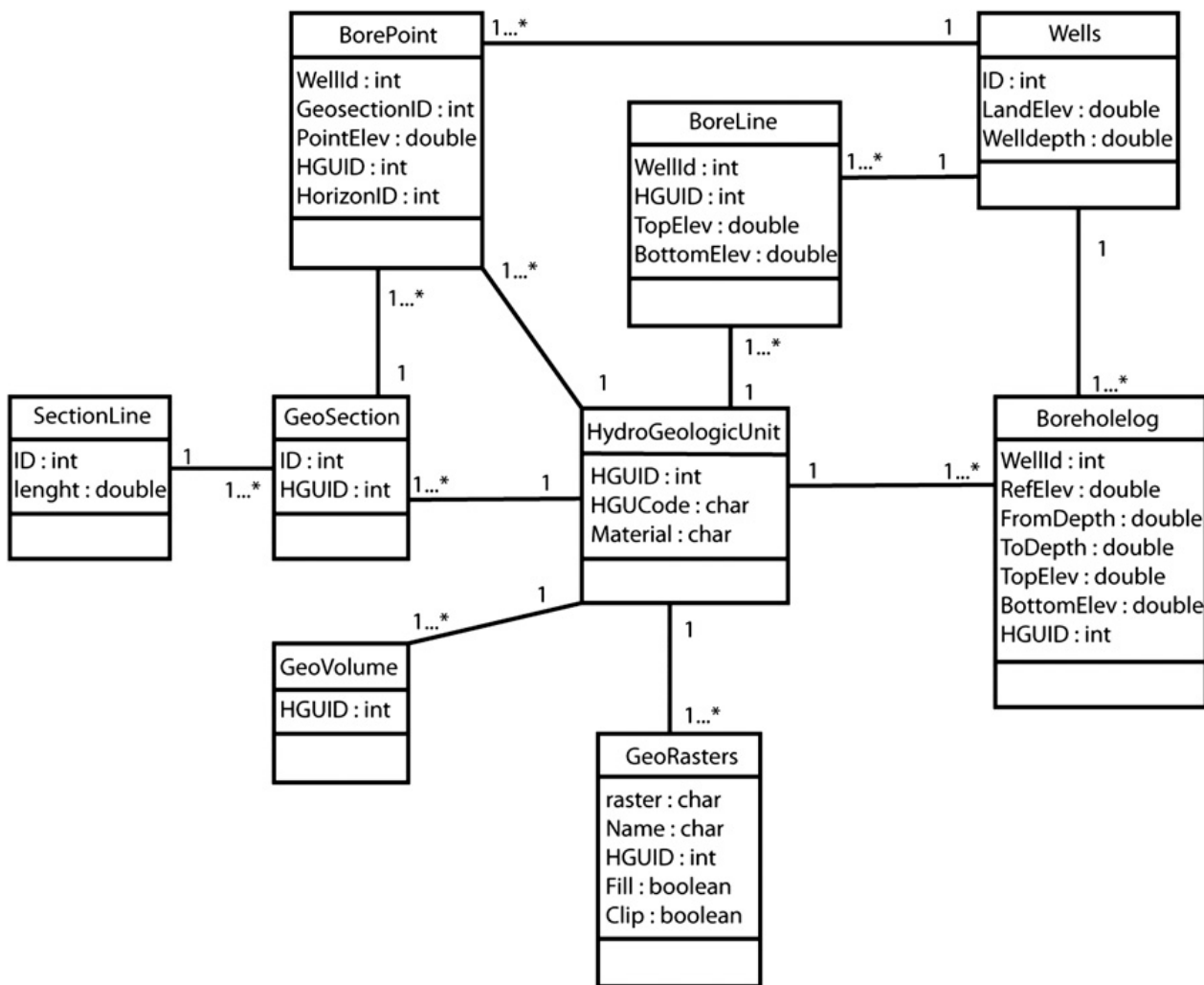


Рисунок 1. Модель базы геоданных ArcHydroGroundwater [9]

Интересным аспектом АНГВ является разработка сечений, извлеченных из информации о скважине. Различные инструменты, включенные в АНГВ, позволяют создавать поперечные сечения в ArcMap [6, 7, 9]. Построение поперечных сечений начинается, когда пользователь рисует линию на карте, соответствующую трассировке требуемого поперечного сечения. Поперечное сечение представляет собой 2D-представление; однако с помощью АНГВ можно экспортировать несколько поперечных сечений в 3D-среде с помощью ArcScene [9]. Такая визуализация одного или нескольких поперечных сечений называется GeoSection.

GeoVolume-это 3D-объект для объемной визуализации подземной толщи. Для создания GeoVolume сначала необходимо создать GeoRaster. Georaster соответствует верхней и нижней части гидрогеологических единиц и создаются из буровых точек, полученных, в свою очередь, из GeoSection.

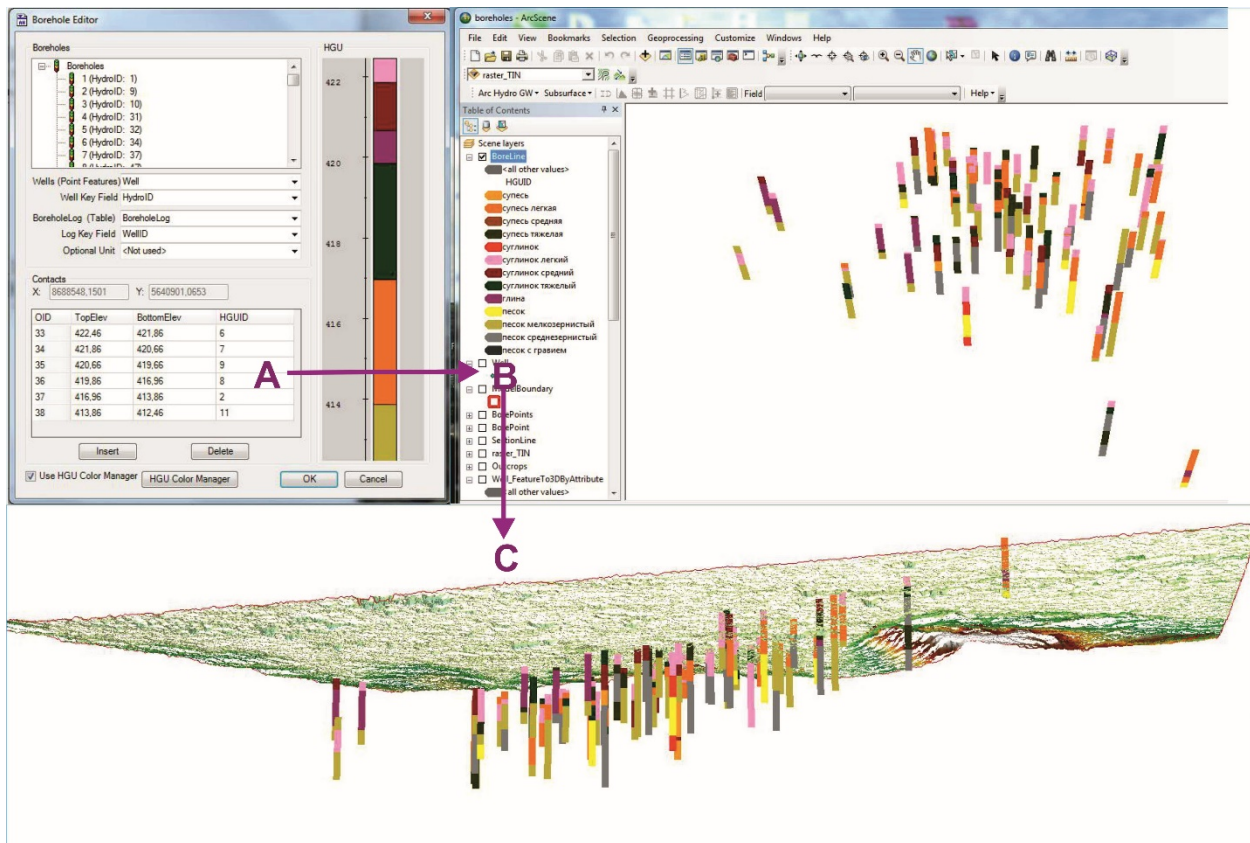


Рисунок 2. Визуализация скважин в AHGW: (A) инструмент " Borehole/Well Editor "; (B) Линии скважин, созданные в ArcScene, и (C) 3D-моделирование скважин, связанных с цифровой моделью рельефа (пример на Каратальском массиве орошения)

Обсуждение и заключение. В этой статье представлен процесс создания интегрированной пространственной базы данных в цифровом формате с использованием различных типов гидрогеологических данных, доступных пользователю, с использованием комбинации инструментов Access–ArcGIS–ArcHydroGroundwater. База геоданных также полезна для целей отображения, позволяя пользователю создавать запросы и получать соответствующую информацию. Одним из важных приложений базы геоданных является создание гидрогеологические карты для визуализации географически привязанной информации. Построение 3D-моделей должно помочь лучше спрогнозировать протяженность и толщину подземных резервуаров и, следовательно, предупредить повышение УГВ. Это также должно помочь практикам проводить анализ запасов грунтовых вод и оценивать темпы их фильтрационного питания. Обратите внимание, что точность 3D-моделей зависит от объема, характера и качества информации, извлеченной из базы геоданных для включения в эти модели. Большое количество доступных данных позволяет более надежно прогнозировать ресурсы подземных вод и обеспечивает большую уверенность разработчику модели. 3D-модели, полученные с помощью ArcGIS/AHGW, могут быть экспортированы в MODFLOW для моделирования и прогнозирования стока подземных вод и распространение загрязняющих веществ в них. Это приложение требует дальнейшей разработки. Таким образом, AHGW может предоставить удобный инструмент для необходимого гидроструктурного моделирования до проведения моделирования потока грунтовых вод. База геоданных может быть использована в качестве платформы для долгосрочных проектов путем осуществления мониторинга подземных вод таких направлений, как мониторинг воздействия изменения климата на ресурсы подземных вод. Такой тип долгосрочного мониторинга требует, чтобы база геоданных регулярно обновлялась и пополнялась новой информацией. База геоданных также обеспечит направление для будущих планов управления гидрогеолого-мелиоративными процессами и разработки мероприятий по повышению плодородия почв.

В заключение следует отметить, что разработанная методология должна отвечать целям более эффективного управления подземными водами путем объединения СУБД с ArcGIS и ANGW. Методология, разработанная для этой цели и представленная в настоящем документе, может быть затем применена в других регионах мира в целях более эффективно использовать имеющиеся данные о ресурсах подземных вод и управлять ими устойчивым, долгосрочным и эффективным образом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shakibayev I., Barmakova D., YerikulyZh., Rau G., Kadasheva Zh., Begmatov I. Methodology for creating a geoinformation-analytical system to monitor irrigated lands in the south-east of Kazakhstan. Maps and GIS in agriculture and land use. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-286-293
- [2] Шакибаев И. Гидрогеолого-мелиоративные аспекты проблем орошаемых земель юга Казахстана. – Алматы, 2014. – 304 с.
- [3] Saxena PR, Prasad NSP Integrated land and water resources conservation and management-development plan using remote sensing and GIS of Chevella sub-watershed, R.R.District, Andhra Pradesh, India//The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - Beijing, 2008. – № 8. – Vol.37. – P.729-732.
- [4] Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л., Ерикулы Ж. Геоинформационные технологии в гидрогеологическом картографировании//Известия АН РК. – Алматы, 2014. - №5. - С.76-81.
- [5] Strassberg, G., 2005. A geographic data model for groundwater systems. Ph.D.Thesis. University of Texas, Austin, Texas, USA, 232 pp.
- [6] Strassberg, G., Maidment, D.R., Jones, N.L., 2007. A geographic data model for representing ground water systems. Ground Water 45 (4), 515–518.
- [7] Strassberg, G., Jones, N.L., Maidment, D.R., 2011. Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology. ESRI's GIS Bookstore (176 pp.).
- [8] Aquaveo, 2010. /http://www.aquaveo.com/archydro-groundwaters.
- [9] Chesnaux R., Lambert M., Walter J., Fillastre U., Hay M., Rouleau A., Daigneault R., Moisan A., Germaneau D. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.Jean region, Canada. Computers & Geosciences. Vol.37, Issue 11, November 2011, P. 1870-1882 DOI:10.1016/j.cageo.2011.04.013

REFERENCES

- [1] Shakibayev I., Barmakova D., YerikulyZh., Rau G., Kadasheva Zh., Begmatov I. Methodology for creating a geoinformation-analytical system to monitor irrigated lands in the south-east of Kazakhstan. Maps and GIS in agriculture and land use. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-286-293
- [2] Shakibaev I. Hidrogeologo-meliorativnye aspekty problem oroshaemyh zemel' juga Kazahstana. – Almaty, 2014. – 304 s.
- [3] Saxena PR, Prasad NSP Integrated land and water resources conservation and management-development plan using remote sensing and GIS of Chevella sub-watershed, R.R.District, Andhra Pradesh, India//The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - Beijing, 2008. – № 8. – Vol.37. – P.729-732.
- [4] Panichkin V.Ju., Miroshnichenko O.L., Erikuly Zh. Geoinformacionnye tehnologii v gidrogeologicheskom kartografirovanii//Izvestija AN RK. – Almaty, 2014. - №5. - S.76-81.
- [5] Strassberg, G., 2005. A geographic data model for groundwater systems. Ph.D.Thesis. University of Texas, Austin, Texas, USA, 232 pp.
- [6] Strassberg, G., Maidment, D.R., Jones, N.L., 2007. A geographic data model for representing ground water systems. Ground Water 45 (4), 515–518.
- [7] Strassberg, G., Jones, N.L., Maidment, D.R., 2011. Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology. ESRI's GIS Bookstore (176 pp.).
- [8] Aquaveo, 2010. /http://www.aquaveo.com/archydro-groundwaters.
- [9] Chesnaux R., Lambert M., Walter J., Fillastre U., Hay M., Rouleau A., Daigneault R., Moisan A., Germaneau D. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.Jean region, Canada. Computers & Geosciences. Vol.37, Issue 11, November 2011, P. 1870-1882 DOI:10.1016/j.cageo.2011.04.013

Д.Б.Бармакова

Satbayev University, Алматы, Қазақстан
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

**АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ СУАРМАЛЫ АЛҚАПТАРЫНЫҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ
ЖАҒДАЙЛАРЫН КАРТОГРАФИЯЛАУ ҮШІН ГЕОДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ҚҰРУ**

Андатпа. Жер асты суларының ресурстарын түсіну және басқару әр түрлі көздерден сапалы деректердің көп мөлшерін біріктіруді қажет етеді. Жер асты сулары мен жер қойнауы жағдайларына байланысты ақпаратқа қол жетімділіктің шектеулеріне байланысты қолда бар ақпаратты жинау сәтті гидрогеологиялық зерттеу жүргізу кезінде шешуші мәнге ие. Мұнда жер асты сулары туралы мәліметтер базасын жасауға көзқарас ұсынылған. ГАЖ-да жүзеге асырылатын геодеректердің бұл Кеңістіктік базасы реляциямен байланысты. Суармалы жерлер мониторингінің ақпараттық-талдау жүйесінің негізі деректер базасы болып табылатындықтан, ол пайдаланушыға тиісті ақпаратты сұратуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кеңістіктік мәліметтер базасында сақталған стратиграфиялық мәліметтерді жер асты құрылымдарының 3D модельдерін құру үшін пайдалануға болады. Осындай үлкен көлемдегі ақпаратты сақтау және талдау үшін жүйелік ұйымдастыру және көптеген процестерді өндеуді автоматтандыру қажет, сондықтан ақпараттық камтамасыз ету мониторингінің маңызды бөлігі болып табылады.

Негізгі сөздер: деректер базасы, мониторинг, литологиялық құрам, гидрогеологиялық жағдайлар, суару алқабы

D.Barmakova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: d.barmakova@stud.satbayev.university

**CREATION A GEODATABASE FOR MAPPING HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF IRRIGATED
MASSIFS OF THE ALMATY REGION**

Abstract. Understanding and managing groundwater resources requires the integration of a large amount of high-quality data from various sources. Due to the limitations in access to information related to groundwater and subsurface conditions, the collection of available existing information is crucial when conducting a successful hydrogeological study. An approach to the development of a groundwater database is presented here. This spatial geodata database, implemented in GIS, is associated with a relational one. Since the basis of the information and analytical system for monitoring irrigated lands is a database, it allows the user to request relevant information. In addition, stratigraphic data stored in a spatial database can be used to build 3D models of underground structures. To store and analyze such a large amount of information, a system organization and automation of processing of many processes are required, so information support is an important part of monitoring.

Keywords: database, monitoring, lithological composition, hydrogeological conditions, irrigation massif