

А. Ержанқызы¹ , Э.О. Орынбасарова^{1*} , Б. Адебиет¹ ,
А. Ильясова¹ , А. Бермуханова¹ , Э.Б. Серикбаева² 

¹Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

²Институт ионосферы, Алматы, Казахстан

*e-mail: e.orynbassarova@satbayev.university

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В статье рассматриваются особенности разработки структуры геопространственной базы данных (ГБД) для хранения и управления данными месторождений твердых полезных ископаемых. Проектирование ГБД для таких месторождений требует комплексного подхода, включающего интеграцию разноформатных данных, обеспечение топологической целостности и соблюдение современных стандартов. Особое внимание уделено технологическим вызовам, связанным с хранением и обработкой пространственной информации в среде геоинформационных систем (ГИС).

Геопространственная база данных разработана с использованием программного обеспечения ArcGIS Pro, что обеспечивает структурирование данных в логические слои, упрощая их доступ, анализ и визуализацию. В статье представлены методы унификации данных из различных видов съемок и их интеграции в единую базу посредством реляционных запросов. Подчеркивается значимость стандартов, таких как ISO 19115, для обеспечения совместимости данных и повышения их качества.

В работе также обсуждаются подходы к автоматизации обработки данных и заполнению метаданных, что способствует упрощению процессов управления геологической информацией и подготовки картографического материала. Применение современных ГИС-инструментов и стандартов обеспечивает создание надежной базы для пространственного анализа в геологии, поддерживающей эффективное управление данными и подготовку.

Ключевые слова: геобаза данных, инженерно-геологическая информация, геоинформационные системы, месторождение полезных ископаемых, интерпретация данных, хранение данных, реляционные запросы, метаданные.

A. Yerzhankzy¹, E.O. Orynbassarova^{1*}, B. Adebiyet¹,
A. Ilyasova¹, A. Bermukhanova¹, E.B. Serikbayeva²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

* e-mail: e.orynbassarova@satbayev.university

Design of a geospatial database for deposit of solid minerals

The article discusses the features of designing the structure of a geospatial database (GDB) for storing and managing data on solid mineral deposits. Designing a GDB for such deposits requires a comprehensive approach, including the integration of multi-format data, ensuring topological integrity, and compliance with modern standards. Special attention is given to technological challenges related to the storage and processing of spatial information in geographic information systems (GIS).

The geospatial database was developed using ArcGIS Pro software, which allows structuring data into logical layers, simplifying access, analysis, and visualization. The paper presents methods for unifying data from various types of studies and integrating them into a single database through relational queries. The importance of standards, such as ISO 19115, is emphasized to ensure data interoperability and enhance quality.

The paper also explores approaches to automating data processing and completing metadata, which streamlines the management of geological information and the preparation of cartographic materials. The application of modern GIS tools and standards provides a reliable foundation for spatial analysis in geology, supporting efficient data management and analytical preparation.

Keywords: geodatabase, engineering-geological information, geoinformation systems, mineral deposit, data interpretation, data storage, relational queries, metadata.

А. Ержанқызы¹, Э.О. Орынбасарова^{1*}, Б. Адебиет¹,
А. Ильясова, А. Бермуханова¹, Э.Б. Серикбаева²

¹К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

²Ионосфера институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: e.orynbassarova@satbayev.university

Қатты пайдалы қазбалар кен орындары үшін геокеністіктік деректер базасын жобалау

Мақалада қатты пайдалы қазбалар кен орындарының деректерін сақтау және басқаруға арналған геокеністіктік деректер базасының (ГДБ) құрылымын әзірлеу ерекшеліктері қарастырылады. Мұндай кен орындары үшін ГДБ жобалау көп форматты деректерді біріктіруді, топологиялық тұтастықты қамтамасыз етуді және заманауи стандарттарға сәйкестікті талап ететін кешенді тәсілді қажет етеді. Геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) ортасында кеңістіктік ақпаратты сақтау және өндеумен байланысты технологиялық мәселелерге ерекше назар аударылады.

Геокеністіктік деректер базасы ArcGIS Pro бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдана отырып әзірленген, бұл деректерді логикалық қабаттарға құрылымдауға, оларды онай қолжетімді етуге, талдауға және визуализациялауға мүмкіндік береді. Мақалада әртүрлі зерттеулерден алынған деректерді біріздендіру және оларды реляциялық сұраулар арқылы бірынғай деректер базасына интеграциялау әдістері ұсынылған. ISO 19115 сияқты стандарттардың деректер үйлесімділігін қамтамасыз ету және олардың сапасын арттыру үшін маңыздылығы атап көрсетіледі.

Сондай-ақ, жұмыста деректерді өндеуді автоматтандыру және метадеректерді толтыру тәсілдері талқыланады. Бұл геологиялық ақпаратты басқару және картографиялық, материалдарды дайындау процестерін женілдетуге ықпал етеді. Заманауи ГАЖ құралдары мен стандарттарын қолдану геологиядағы кеңістіктік талдау үшін сенімді негіз құруға және деректерді тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: деректер геобаза, инженерлік-геологиялық, ақпарат, геоақпараттық, жүйелер, пайдалы қазбалар кен орны, деректерді түсіндіру, деректерді сақтау, реляциялық сұраулар, метадеректер.

Введение

Управление данными в геопространственной базе охватывает сбор, хранение, обработку, анализ и визуализацию пространственной информации. Разработка геоинформационной системы (ГИС) на крупных месторождениях твердых полезных ископаемых (ТПИ), является критически важным шагом к созданию централизованной базы данных, что особенно важно в условиях отсутствия унификации и стандартизации данных, а также разноформатности геоинформации, что создает серьезные вызовы для интеграции и анализа данных в горнодобывающей отрасли Казахстана (Baibatsha A.,2022, Togizov K , 2023, Жылқыбаева и др., 2017; Электронный ресурс 26;).

Учитывая сложность и многослойность данных, связанных с ТПИ, необходимо создание базы данных, способной эффективно поддерживать анализ и интерпретацию этой информации. Геопространственные базы данных представляют собой интегрированные хранилища, которые обеспечивают структурированное управление большим массивом пространственных данных, их глубокий анализ и наглядную визуализацию (Логинов Д.С.,2021). Использование современ-

ных программных решений, таких как ArcGIS, позволяет оптимизировать управление геоданными и обеспечивает их качественную интеграцию и анализ (Bajjali, 2018). Методы и практика построения таких баз данных для цифровых геологических карт подробно рассмотрены в работе (Cui-ling, 2008)

Особое внимание следует уделить согласованности данных и автоматизации процессов обработки, что способствует более эффективному управлению информацией и принятию обоснованных решений в эксплуатации месторождений. (Басаргин А.А,2014).

Развитие цифровой картографии и геопространственных баз данных существенно изменило управление пространственными данными в таких сложных областях, как геология и геодинамика (Красильников,2019). В работе (Soller D.,2005) подчеркивается важность стандартизации методов сбора и обработки данных, что заложило основу для создания современных систем, способных интегрировать различные форматы данных и обеспечивать высокую точность и достоверность информации. В свою очередь, (Chesnaux et al. 2011, Пьянкова С. В, 2014) демонстрируют применение геобаз данных и

показывают, как интеграция различных характеристик в единую базу геоданных дает возможность пространственного анализа данных и оптимизация процессов управления информацией, что особенно актуально для создания геопространственных баз данных по крупным месторождениям твердых полезных ископаемых, где интеграция геологических, геофизических и гидрогеологических данных играет ключевую роль в комплексном анализе и эффективном управлении ресурсами.

Важность сохранения топологической целостности и обеспечения совместимости данных при разработке и реализации ГИС-проектов, которые служат единой средой для управления сложными наборами данных, (Trent M., 2016 и Логинов 2021) выделяют ключевую роль структурированного подхода и применения современных стандартов и автоматизации для улучшения анализа и эффективность работы с большими объемами данных, что особенно важно в контексте крупных месторождений твердых полезных ископаемых, где сложность и объем данных требуют надежных и масштабируемых решений для геопространственных баз данных. В исследовании Parenti (2022) рассматриваются методы эффективной интеграции данных из различных источников в единые информационные системы для достижения более точных и всесторонних результатов, показана важность согласованности данных и применении технологий, позволяющих объединять разнородные источники информации, что особенно важно для принятия обоснованных решений в различных областях.

В работе Liu D (2014) исследуются аспекты проектирования и реализации платформы для пространственного анализа данных, основанной на Shell-системе. Автор подробно описывает процесс создания платформы, акцентируя внимание на функциональных возможностях, которые обеспечивают эффективную обработку и анализ пространственной информации. Внедрение данной системы направлено на оптимизацию работы с геоданными, что позволяет улучшить точность анализа и упростить управление большими объемами информации. Это исследование подчеркивает важность применения стандартизованных форматов для обмена геопространственными данными и их эффективного использования в различных геоинформацион-

онных системах. Разработка информационных систем управления минеральными ресурсами, представленных в работе (Chang He, 2011), демонстрирует важность структурированного подхода к управлению данными и использования ГИС для повышения эффективности и точности управления природными ресурсами (Dalgia Y., 2021).

В работе была предложена (Nass, 2018) новая структура данных на базе ГИС для геологического картирования, что позволяет оптимизировать процесс создания карт на основе данных из 15 картографических листов. Это подход особенно полезен в условиях, где требуется обработка большого объема разнородных данных. Стандартный формат обмена Geo3DML, предложенный (Wang, 2018), представляет собой значительный шаг вперед в стандартизации обмена данными трехмерных геологических моделей, что упрощает интеграцию и использование этих данных в различных ГИС-системах. подчеркивает важность структурирования карт с использованием ГИС, что улучшает точность и эффективность картографирования и анализа процессов.

Методы исследования

Внедрение структурированной базы геопространственных данных позволяет объединять в единой среде разнородную информацию.

Структура ГБД была разработана в программном обеспечении ArcGIS Pro, таким образом, чтобы охватить различные типы геопространственной информации, включая геологические карты, данные дистанционного зондирования, и результаты аэрофотосъемки БПЛА, геохимические данные. Данные организованы в логические слои, что позволяет обеспечить их целостность и упрощает доступ для дальнейшего анализа.

Ключевым аспектом при разработке структуры базы данных является соблюдение международных и национальных стандартов. Эти стандарты обеспечивают совместимость данных между различными системами и приложениями, а также гарантируют их качество и точность (Koshkarev, 2021). Ниже представлена схема, отражающая как различные стандарты способствуют интеграции разнородных данных и обеспечивают их целостность в рамках единой базы данных (Рисунок 1)

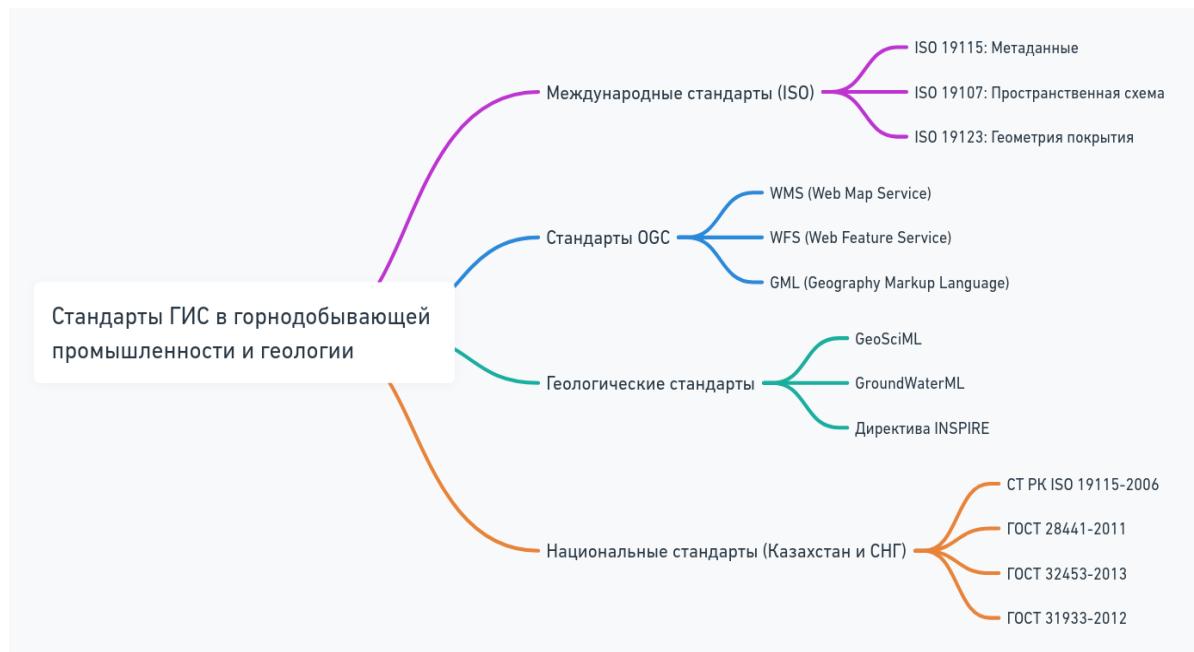


Рисунок 1 – Обзор ключевых стандартов, используемых в геоинформационных системах (ГИС) в горнодобывающей промышленности и геологии.

Схема разделена на четыре основные категории:

Международные стандарты ISO: Включает стандарты для метаданных, пространственных схем и представления геометрии, такие как ISO 19115, ISO 19107 и ISO 19123. Эти стандарты обеспечивают основу для структурирования и обмена геопространственной информацией на международном уровне.

Описывают принципы и форматы взаимодействия с географическими данными в онлайн-среде стандарты OGC, такие как WMS («Служба веб-карты»), WFS («Служба веб-характеристик»), и GML («Язык географической разметки»). Эти нормативы обеспечивают удобный доступ к данным и их возможность интеграции в различные приложения и системы (Электронный ресурс №25)

В контексте унификации геопространственной информации стандарты ISO 19100 и технические характеристики OGC дополняют друг друга: ISO определяет общие принципы совместимости на международном уровне, а OGC разрабатывает практические спецификации для протоколов и форматов данных в Интернете и других платформах. (Kresse W, 2012).

Геологические стандарты играют ключевую роль в унификации обмена данными в области геологических исследований. Среди них выделя-

ются такие системы, как GeoSciML и INSPIRE, которые были разработаны для стандартизации и структурирования информации о геологических формациях, слоях и структурах. Они способствуют интеграции разнообразных наборов данных, обеспечивая их согласованность и доступность для их использования в анализе и принятии решений (Kouda, 2013). Придерживаясь этих стандартов, можно разрабатывать устойчивые геоинформационные системы, которые обеспечивают эффективное управление и доступ к данным для решения различных задач в геологии, от создания карт до моделирования природных процессов.

Национальные стандарты Казахстана и СНГ: Включают местные стандарты, такие как СТ РК ISO 19115-2006 и различные ГОСТы, которые адаптируют международные нормы под местные условия и требования. Эти стандарты важны для обеспечения совместимости и качества геопространственных данных на национальном уровне.

Внедрение структурированной базы геопространственных данных, которая соответствует этим стандартам, позволяет объединить разнородную информацию в единой среде. Это особенно важно в контексте горнодобывающей промышленности и геологии, где требуется интеграция данных из различных источников – от

геологических карт до данных дистанционного зондирования и результатов геофизических исследований. Использование данных стандартов позволяет обеспечить совместимость, точность и качество данных, что в конечном итоге способствует более эффективному управлению природными ресурсами и принятию обоснованных решений (Saha A, 2003).

Создана реляционная база геопространственных данных, которая включает в себя массив архивных данных, которые были отобраны, изучены, выполнена оцифровка геологических карт, полевые и дистанционные измерения, организован структурированный доступ к информации. Данные поделены на 2 группы: исходные и обработанные.

Первым этапом создания геопространственной базы данных (ГБД) была организация струк-

турированного доступа к информации. Данные делятся на 2 группы:

Исходные данные – Архив геологических отчетов и карт, Космоснимки разных сенсоров, данные аэрофотосъемки БПЛА, геологические пробы, геофизические данные

Обработанные данные – результаты обработки данных Дистанционного зондирования, карты минералогических индексов, результаты обработки мультиспектральной и лазарной съемки БПЛА.

Основными элементами данной ГБД являются слои, с подробными связанными по правилам реляции, соотношений между собой атрибутивными таблицами, соответствующих набору данных в данном слое.

Ниже, на рисунке 2 показана структура слоев ГБД, для хранения данных



Рисунок 2 – Структура геопространственной базы данных

Результаты исследования

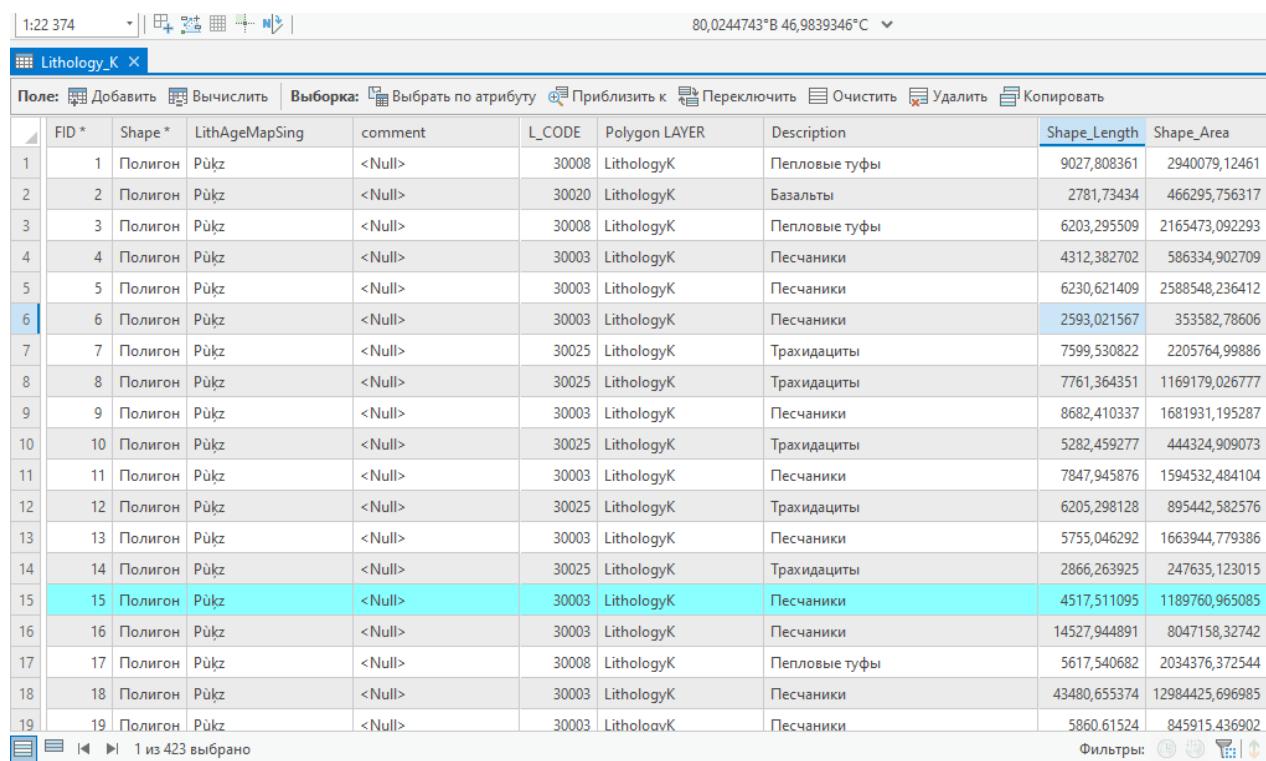
Для интеграции исторических данных в ГИС загрузки в ГБД, структура файлов была скорректирована, для унификации была разработана кодировка, для выполнения анализа они используются как домены.

Созданная геобаза данных для оцифрованной геологической карты масштаба 1:50 000, содержит данные по разломам (Faults), геологическим контактам (Contacts), литология (Lithology). Легенда к карте была создана с кодами, для того чтобы каталогизировать геологические объекты, и упрощать будущее оформление карт. Организация структуры файлов и метод кодирования выполнены в соответствии с международными стандартами ISO 19115. Включены различные элементы: название данных, дата создания, источник данных, ключевые слова, пространственное разрешение. Это способствует совместимости данных и обеспечивает возможность однородного анализа и использования в геоинформационных системах. База данных создана на основе данных Отчета РГФ 45219 В. М. Мергенов «Геологическое доизучение масштаба 1:200000 по территории Баканского синклиниория (листы L-44-I, II, III».

стить будущее оформление карт. Организация структуры файлов и метод кодирования выполнены в соответствии с международными стандартами ISO 19115. Включены различные элементы: название данных, дата создания, источник данных, ключевые слова, пространственное разрешение. Это способствует совместимости данных и обеспечивает возможность однородного анализа и использования в геоинформационных системах. База данных создана на основе данных Отчета РГФ 45219 В. М. Мергенов «Геологическое доизучение масштаба 1:200000 по территории Баканского синклиниория (листы L-44-I, II, III».

Алматы 1997). Для уточнения геологического картирования были оцифрованы геологические карты масштаба 1:50 000. Легенда была создана

с кодами для того чтобы каталогизировать геологические объекты, и упростить будущее оформление карт. (Рисунок-4)



	FID *	Shape *	LithAgeMapSing	comment	L_CODE	Polygon LAYER	Description	Shape_Length	Shape_Area
1	1	Полигон	Pùкz	<Null>	30008	LithologyK	Пепловые туфы	9027,808361	2940079,12461
2	2	Полигон	Pùкz	<Null>	30020	LithologyK	Базальты	2781,73434	466295,756317
3	3	Полигон	Pùкz	<Null>	30008	LithologyK	Пепловые туфы	6203,295509	2165473,092293
4	4	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	4312,382702	586334,902709
5	5	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	6230,621409	2588548,236412
6	6	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	2593,021567	353582,78606
7	7	Полигон	Pùкz	<Null>	30025	LithologyK	Трахидациты	7599,530822	2205764,99886
8	8	Полигон	Pùкz	<Null>	30025	LithologyK	Трахидациты	7761,364351	1169179,026777
9	9	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	8682,410337	1681931,195287
10	10	Полигон	Pùкz	<Null>	30025	LithologyK	Трахидациты	5282,459277	444324,909073
11	11	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	7847,945876	1594532,484104
12	12	Полигон	Pùкz	<Null>	30025	LithologyK	Трахидациты	6205,298128	895442,582576
13	13	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	5755,046292	1663944,779386
14	14	Полигон	Pùкz	<Null>	30025	LithologyK	Трахидациты	2866,263925	247635,123015
15	15	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	4517,511095	1189760,965085
16	16	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	14527,944891	8047158,32742
17	17	Полигон	Pùкz	<Null>	30008	LithologyK	Пепловые туфы	5617,540682	2034376,372544
18	18	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	43480,655374	12984425,696985
19	19	Полигон	Pùкz	<Null>	30003	LithologyK	Песчаники	5860,61524	845915,436902

Рисунок 3 – Заполнение атрибутивной таблицы

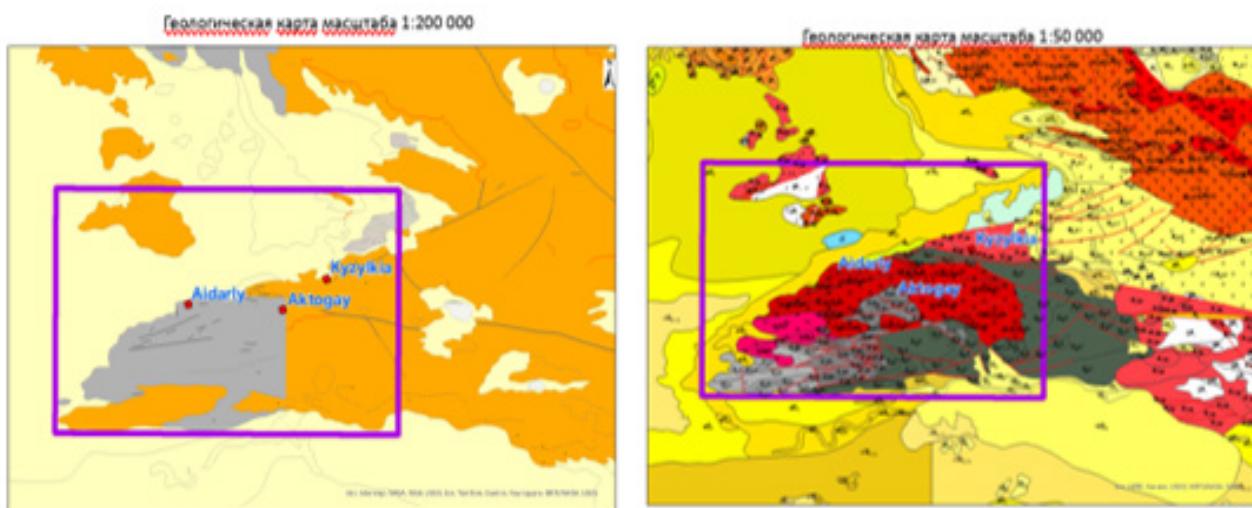


Рисунок 4 – Геологическая карта М 1:200 000 и М1:50 000

Для карты масштаба 1:50 000 были также созданы *lyr файлы, для визуализации геологических данных. Они хранятся в той же папке, что и БД, представлены ниже на рисунке 5.

База данных для хранения стилей и фонтов, которые облегчают оформление геологических карт

После формирования базы данных достаточно удобно использовать данные, которые четко структурированы, информативны. Данные подготовленные для дальнейшего управления и анализа. Ниже приведен пример выполнения запроса на рисунке 7.

Для уточнения запроса на основе атрибутивной таблицы в геологической карте, содержащей информацию о литологии, необходимо исключить данные по четвертичным отложениям. Это можно осуществить вручную с использованием инструмента геообработки через функции «Анализ» и «Выборка», где пользователь задает поле атрибута и производит выборку без использования параметра Q. Однако, для упрощения процесса, более эффективным решением будет создание соответствующего запроса с помощью SQL, что позволит автоматизировать процесс и исключить данные по четвертичным отложениям более удобно и быстро.

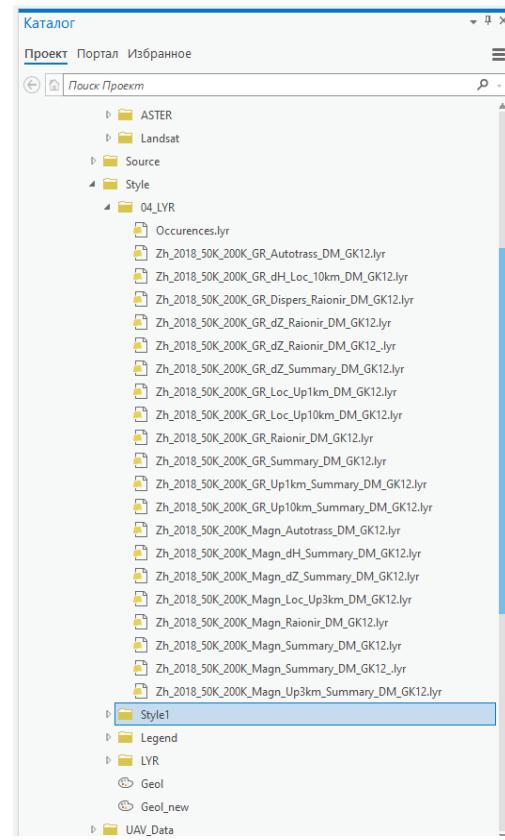


Рисунок 5 – База данных для хранения стилей и фонтов

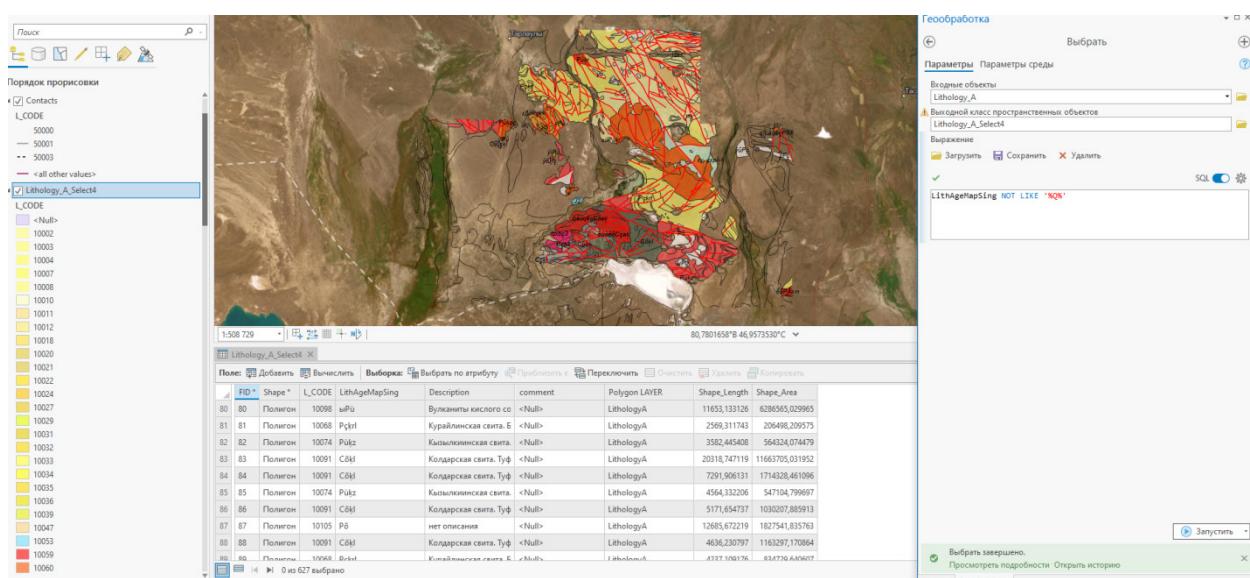


Рисунок 7 – Выполнение запроса по данным в атрибутивной таблице

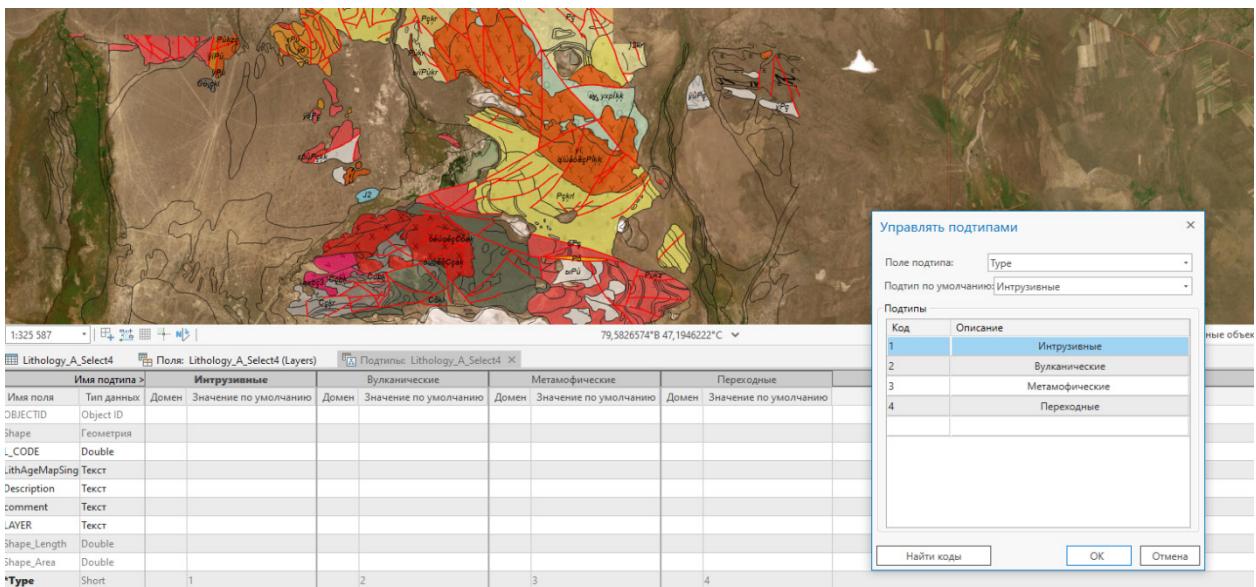


Рисунок 8 – Создание подтипов данных

Классификации внутри одной таблицы как подтипы данных, представленные на рисунке 8, которые позволяют различать данные по категориям (например, разные типы пород в

геологической карте). Это упрощает управление данными и их анализ, позволяя применять разные правила и ограничения для каждой категории.

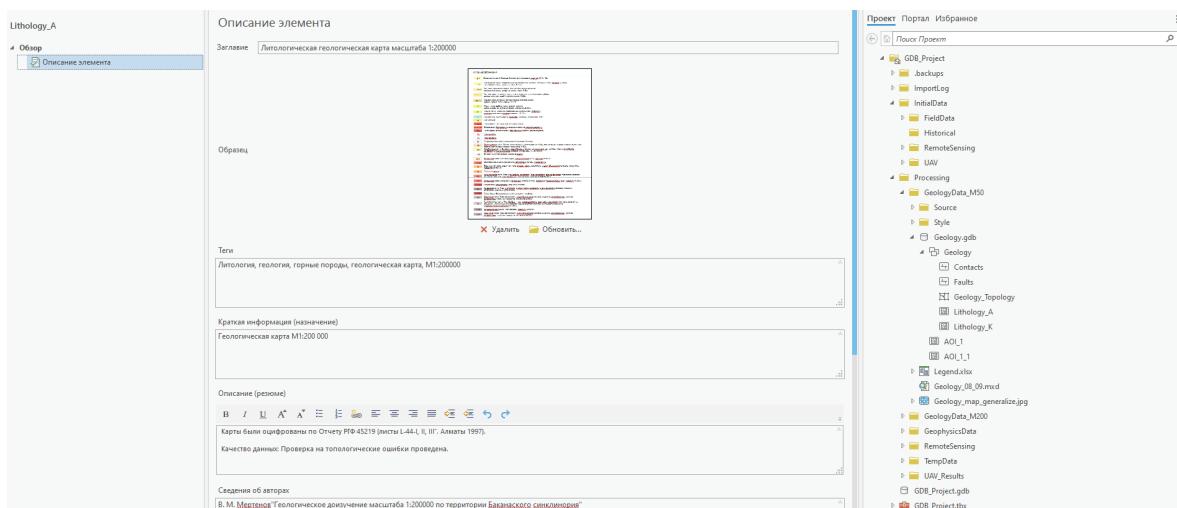


Рисунок 9 – Пример заполненных метаданных

Для слоев заполняются метаданные, на примере рисунка 9. Структура метаданных должна соответствовать стандарту ISO 19115 и содержать следующие элементы: название карты с описанием литологических особенностей региона в форме абстракта. Также необходимо ука-

зать ключевые слова и тематику карты. Важные параметры включают дату создания и публикации карты. Кроме того, нужно предоставить информацию о качестве данных относительно точности и согласованности данных. Необходимо также учитывать полноту и происхождение

данных. Пространственная информация должна содержать систему координат и типы пространственных объектов с разрешением данных. Важным является также указание географического покрытия с границами региона. Классификация объектов и атрибутов также должны быть учтены в описании.

Заключение

В рамках данного исследования была разработана и внедрена геопространственная база данных (ГБД) для управления инженерно-геологической информацией на одном из месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ). Структура базы данных была спроектирована с учетом возможности объединения исходных и обработанных данных для обеспечения их взаимодействия, унификации и стандартизации. Это было достигнуто за счет интеграции двух важных систем: реляционной базы данных и геоинформационной системы. Реляционные базы данных выступают в качестве надежного хранилища и источника актуальной информации о геологической среде, поддерживая стандарты, такие как ISO 19115, которые обеспечивают структурирование метаданных. Геоинформаци-

онные системы, в свою очередь, служат инструментальной базой для обработки и визуализации больших объемов пространственных данных, а также для создания рабочих процессов в системе управления базами данных. Это создает надежную основу для дальнейшей визуализации и выполнения пространственного анализа, что значительно упрощает подготовку и оформление итогового картографического материала в ГИС-системах, полностью соответствующего современным требованиям цифровой картографии. Такой целостный подход позволяет эффективно изучать инженерно-геологические условия территории и поддерживать высокое качество управления данными.

Финансирование

Данное исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (программа целевого финансирования № BR21882179 по теме: "Разработка прогнозно-поисковых решений для геологического картирования рудных залежей наземно-космическими методами").

Литература

- Baibatsha, A., Mamanov, E., and Kembayev, M. "Prospects of Remote Sensing for Mineral Deposits Prediction in Kazakhstan." In *Research Developments in Geotechnics, Geo-Informatics and Remote Sensing*, edited by H. El-Askary, Z.A. Erguler, M. Karakus, and H.I. Chaminé. CAIG 2019. *Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72896-0_77.
- Bajjali, W. *Geodatabase*. In *ArcGIS for Environmental and Water Issues*. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer, Cham, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61158-7_7.
- Басаргин, А. А. «Проектирование структуры базы данных для подсчета запасов и ресурсов твердых полезных ископаемых.» *Интерэкспо Гео-Сибирь* 2 (2014).
- Chang, He, Jian Guo Gao, Ping Pan, and Xin Kai Liu. "Design and Development of Mineral Resource Management Information System." *Advanced Materials Research* 403–408 (2011). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.403-408.2188>.
- Chesnaux, R., C. Lambert, C. Fournier, and D. Larocque. "Building a Geodatabase for Mapping Hydrogeological Features and 3D Modeling of Groundwater Systems: Application to the Saguenay–Lac-St.Jean Region, Canada." *Computers & Geosciences* 37 (2011): 1870–1882. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.04.013>.
- Cui-ling, X. "Methods and Practice of Building Database for Digital Geological Map Based on Geodatabase." *Science of Surveying and Mapping* (2008).
- Daliga Yar, Mila Atanasova, et al. "Creating a Thematic Geodatabase for Monitoring the Landslide Processes of the Landslide Circus." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 906 (2021): 012035.
- Жылкыбаева, Г. А., С. А. Истекова, Б. Курманов, Г. К. Кобен, и А. М. Турсынова. «К Вопросу Создания Единой Базы Данных Геологогеофизической Информации по Нефтегазовым Месторождениям Казахстана. Состояние Проблемы.» *Вестник АИНГ* 1, no. 41 (2017).
- Kresse, Wolfgang, and David Danko, eds. *Springer Handbook of Geographic Information*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-72680-7>.
- Koshkarev, A. "Content Standards for Geospatial Metadata and Their Use." *Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes* 2021 (2021). <https://doi.org/10.25743/sdm.2021.28.23.018>.
- Kouzeli, E., N. Lambrakis, and K. Nikolakopoulos. "Remote Sensing Data and GIS for Hydrological Studies." *SPIE Proceedings* 8893 (2013). <https://doi.org/10.1117/12.2029774>.
- Красильников, П. А. «Принципы формирования инженерно-геологических баз данных при разработке месторождений полезных ископаемых.» *Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология* 5, no. 71 (2019): 345–357.

- Логинов, Д. С. «ГИС-проект как единое пространство для работы с геолого-геофизическими данными.» *Интерэкспо Гео-Сибирь* 2 (2021): 259–266.
- Liu, D., Q. Sun, G. Wang, and L. Qiao. “The Design and Implementation of Spatial Data Explorer Based on Shell.” *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-4 (2014): 145–149. <https://doi.org/10.5194/isprarchives-XL-4-145-2014>.
- Morris, S. “Preservation of Geospatial Data: The Connection with Open Standards Development.” In *Springer*, 129–146. 2010. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12733-5_6.
- Nass, Andrea, and Dawn Team. “One GIS-based Data Structure and Visualization for 15 Map Sheets: Geological Mapping of Ceres.” 2017. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017LPICo1986.7041N>.
- Parenti, et al. “Integrated Geomatics Surveying and Data Management in the Investigation of Slope and Fluvial Dynamics.” *Geosciences* 12 (2022): 293. <https://doi.org/10.3390/geosciences12080293>.
- Пьянков, С. В., Б. М. Осовецкий, А. В. Коноплев, и Р. Г. Ибламинов. «Систематизация материалов инженерно-геологических изысканий на основе ГИС-технологий.» *Фундаментальные исследования* 11-2 (2014): 353–356.
- Kouda, R. “International Trend on the Three Dimensional Geological Modeling and the Standards.” *Journal of the Geological Society of Japan* 119 (2013): 515–518. <https://doi.org/10.5575/GEOSOC.2012.0077>.
- Saha, A., Dhruva Ganguly, Sujit Sengupta, Basab Mukhopadhyay, and Niladri Hazra. “Digital Cartographic Standards for 1:50,000 Geologic Map: Some Important Considerations.” 2003.
- Soller, D. R., and T. M. Berg. “The U.S. National Geologic Map Database Project: Overview & Progress.” In *The Current Role of Geological Mapping in Geosciences*, edited by S. R. Ostaficzuk, 56. NATO Science Series. Springer, Dordrecht, 2005. https://doi.org/10.1007/1-4020-3551-9_23.
- Tamani, F., R. Hadji, A. Hamad, and Y. Hamed. “Integrating Remotely Sensed and GIS Data for the Detailed Geological Mapping in Semi-Arid Regions: Case of Youks les Bains Area, Tebessa Province, NE Algeria.” *Geotechnical and Geological Engineering* 37, no. 4 (2019): 2903–2913.
- Togizov, K., Issayeva, L., Muratkhhanov, D., Kurmangazhina, M., Swęd, M., and Duczmal-Czernikiewicz, A. “Rare Earth Elements in the Shok-Karagay Ore Fields (Syrymbet Ore District, Northern Kazakhstan) and Visualisation of the Deposits Using the Geography Information System.” *Minerals* 13, no. 11 (2023): 1458. <https://doi.org/10.3390/min13111458>.
- Trent, M. Hare, Angelo P. Rossi, Alessandro Frigeri, and Chiara Marmo. “Interoperability in Planetary Research for Geospatial Data Analysis.” *Planetary and Space Science* 150 (2018): 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2017.04.004>.
- Электронный ресурс. <https://www.ogc.org/standards/>.
- Электронный ресурс. <https://geoportal-kz.org/geological-data/>.
- Zysk, E., A. Dawidowicz, S. Źróbek, and R. Źróbek. “The Concept of a Geographic Information System for the Identification of Degraded Urban Areas as a Part of the Land Administration System – A Polish Case Study.” *Cities* 96 (2020): 102423. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102423>.

Reference

- Baibatsha, A., Mamanov, E., and Kembayev, M. (2022). “Prospects of Remote Sensing for Mineral Deposits Prediction in Kazakhstan.” / In *Research Developments in Geotechnics, Geo-Informatics and Remote Sensing*, edited by H. El-Askary, Z.A. Erguler, M. Karakus, and H.I. Chaminé. CAJG 2019. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham, – P. 339–341, https://doi.org/10.1007/978-3-030-72896-0_77.
- Bajjali, W. (2018). Geodatabase. / In *ArcGIS for Environmental and Water Issues. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment*. Springer, Cham, P.103–116. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61158-7_7.
- Basargin, A. A. (2014). “Designing the Structure of a Database for Calculating Reserves and Resources of Solid Minerals”. *Interexpo Geo-Siberia* 2. 189–193 [In Russian].
- Chang, He, Jian Guo Gao, Ping Pan, and Xin Kai Liu. (2011). “Design and Development of Mineral Resource Management Information System.” *Advanced Materials Research*. Vol. 403–408. – P. 2188–2191. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.403-408.2188>.
- Chesnaux, R., C. Lambert, C. Fournier, and D. Larocque. (2011). “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. – P. 1870–1882. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.04.013>.
- Cui-ling, X. (2008). “Methods and Practice of Building Database for Digital Geological Map Based on Geodatabase”. // *Science of Surveying and Mapping*. Vol.33, no. 3. – P. 176–178.
- Daliga Yar, Mila Atanasova, et al. (2021). “Creating a Thematic Geodatabase for Monitoring the Landslide Processes of the Landslide Circus.” // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — Vol.906. – 012035.
- Zhylykbayeva, G. A., Istekova S. A., Kurmanov B., Koben G. K., and Tursynova A. M. (2017). On the Issue of Creating a Unified Database of Geological and Geophysical Information for Oil and Gas Fields in Kazakhstan. Current Problem State.” // *Vestnik AING*. –Vol.1, no. 41. [In Russian].
- Kresse, Wolfgang, and David Danko, eds. (2012). *Springer Handbook of Geographic Information*. Berlin, Heidelberg: Springer. –<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-72680-7>.
- Koshkarev, A. (2021). “Content Standards for Geospatial Metadata and Their Use.” // *Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes*. <https://doi.org/10.25743/sdm.2021.28.23.018>.

- Kouzeli, E., N. Lambrakis, and K. Nikolakopoulos. (2013). "Remote Sensing Data and GIS for Hydrological Studies." // SPIE Proceedings. Vol. 8893. – P. 1029774. <https://doi.org/10.1117/12.2029774>.
- Krasilnikov, P. A. (2019). "Principles of Forming Engineering-Geological Databases for the Development of Mineral Deposits." // Scientific Notes of the Crimean Federal University Named After V. I. Vernadsky. Geography. Geology. T.5, no. 71. P. 345–357. [In Russian]
- Loginov, D. S. (2021). "GIS Project as a Unified Environment for Working with Geological and Geophysical Data." // Interexpo Geo-Siberia 2. №2. – P. 259–266. [In Russian]
- Liu, D., Q. Sun, G. Wang, and L. Qiao. (2014). "The Design and Implementation of Spatial Data Explorer Based on Shell." // ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-4. 145–149. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-145-2014>.
- Morris, S. (2010). "Preservation of Geospatial Data: The Connection with Open Standards Development." / Springer 129–146. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12733-5_6.
- Nass, Andrea, and Dawn Team. "One GIS-based Data Structure and Visualization for 15 Map Sheets: Geological Mapping of Ceres." // Lunar and Planetary Science Conference. – 2017. – <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017LPICo1986.7041N>.
- Parenti, et al. (2022). "Integrated Geomatics Surveying and Data Management in the Investigation of Slope and Fluvial Dynamics." // Geosciences. Vol.12. – P. 293. <https://doi.org/10.3390/geosciences12080293>.
- Pyankov, S. V., Osovetsky B. M., Konoplev A. V., and Iblaminov R. G. (2014). "Systematization of Materials for Engineering-Geological Surveys Based on GIS Technologies." // Fundamental Research. – Vol. 11-2. P.353–356. [In Russian]
- Kouda, R. (2013). "International Trend on the Three Dimensional Geological Modeling and the Standards." // Journal of the Geological Society of Japan. Vol.119. 515–518. <https://doi.org/10.5575/GEOSOC.2012.0077>.
- Saha, A., Dhruba Ganguly, Sujit Sengupta, Basab Mukhopadhyay, and Niladri Hazra. (2003). "Digital Cartographic Standards for 1:50,000 Geologic Map: Some Important Considerations." // Conference Proceedings. –
- Soller, D. R., and T. M. Berg. (2005). "The U.S. National Geologic Map Database Project: Overview & Progress." // NATO Science Series. https://doi.org/10.1007/1-4020-3551-9_23.
- Tamani, F., R. Hadji, A. Hamad, and Y. Hamed. (2019). "Integrating Remotely Sensed and GIS Data for the Detailed Geological Mapping in Semi-Arid Regions: Case of Youks les Bains Area, Tebessa Province, NE Algeria." // Geotechnical and Geological Engineering. Vol. 37, no. 4. 2903–2913.
- Togizov, K., Issayeva, L., Muratkhanov, D., Kurmangazhina, M., Swęd, M., and Duczmal-Czernikiewicz, A. (2023). "Rare Earth Elements in the Shok-Karagay Ore Fields (Syrymbet Ore District, Northern Kazakhstan) and Visualisation of the Deposits Using the Geography Information System." // Minerals. Vol. 13, no. 11. – P. 1458. <https://doi.org/10.3390/min13111458>.
- Trent, M. Hare, Angelo P. Rossi, Alessandro Frigeri, and Chiara Marmo. (2018). "Interoperability in Planetary Research for Geospatial Data Analysis." // Planetary and Space Science. -. Vol. 150. – P.36–42. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2017.04.004>.
Electronic resource. <https://www.ogc.org/standards/>. [In Russian]
- Electronic resource. <https://geoportal-kz.org/geological-data/>. [In Russian]
- Zysk, E., A. Dawidowicz, S. Źróbek, and R. Źróbek. "The Concept of a Geographic Information System for the Identification of Degraded Urban Areas as a Part of the Land Administration System – A Polish Case Study." // Cities. – 2020.- Vol. 96. – P. 102423. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102423>.

Сведения об авторах:

Ержсанқызы Айнур – PhD, Старший преподаватель, Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова, Кафедра Маркиейдерского дела и геодезии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан (Almaty, Kazakhstan, a.yerzhankzy@satbayev.university);

Орынбасарова Эльмира Орынбасаровна – Ph.D., PhD, Центр инноваций в области геоматики, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан (Almaty, Kazakhstan, Email: e.orynbassarova@satbayev.university);

Адебиет Бахберде – PhD студент, Центр инноваций в области геоматики, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан (Алматы, Казахстан e-mail: astibaha6@gmail.com);

Ильясова Айгерим – PhD студент, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан, Алматы, Казахстан e-mail: aiger906@gmail.com);

Бермуханова Айгерим – PhD студент, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан, Алматы, Казахстан e-mail: aigerimbermukhanova@gmail.com);

Серикбаева Эльмира Болатовна – Институт Ионосферы, Алматы, Казахстан e-mail: Seikbayeva@gmail.com).

Поступила: 15 августа 2024 года

Принята: 20 января 2025 года