

Код МРНТИ 52.01.77

*Г.С. Шакиева, М. Бекет, А.Т. Мырзабиева

Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация. В статье рассматривается необходимость создания проблемно-ориентированной геоинформационной системы управления рисками для решения задач диагностики и системы управления базой данных напряженно-деформированного состояния горного массива и пространственно-временного анализа развития деформационных процессов по всему месторождению. Для решения этих задач необходимо перейти от статических геологических моделей месторождений полезных ископаемых (МПИ) к динамическим моделям, отражающим динамические изменения, протекающие в горном массиве в процессе ведения добычных работ и после их окончания. Это предопределяет необходимость создания проблемно-ориентированной ГИС.

Ключевые слова: геоинформационная система, деформация, провалоопасность, риски, диагностика, анализ, месторождений полезных ископаемых.

Тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған жай-күйінің дамуын талдауға арналған тәуекелдерді басқарудың геоақпараттық жүйесі

Аннотация. Мақалада диагностика мәселелерін шешу үшін проблемалық-бағдарланған геоақпараттық тәуекелдерді басқару жүйесін құру және тау-кен массивінің кернеулі-деформацияланған күйінің дерекқорын басқару жүйесі және бүкіл кен орны бойынша деформациялық процестердің дамуын кеңістіктік-уақыттық талдау қажеттілігі қарастырылады. Осы міндеттерді шешу үшін пайдалы қазбалар кен орындарының статикалық геологиялық модельдерінен (МПИ) тау-кен жұмыстарын жүргізу процесінде және олар аяқталғаннан кейін тау-кен массивінде болып жатқан динамикалық өзгерістерді көрсететін динамикалық модельдерге көшу қажет. Бұл проблемаға бағытталған ГАЖ құру қажеттілігін анықтайды.

Түйінді сөздер: геоақпараттық жүйе, деформация, сәтсіздік, тәуекелдер, диагностика, талдау, пайдалы қазбалар кен орны.

Geoinformation risk management system for analyzing the development of the stress-strain state of a rock mass

Abstract. The article discusses the need to create a problem-oriented geoinformation risk management system to solve the problems of diagnostics and a database management system for the stress-strain state of the mountain range and the spatial-temporal analysis of the development of deformation processes throughout the field. To solve these problems, it is necessary to switch from static geological models of mineral deposits (MPI) to dynamic models reflecting dynamic changes occurring in the mountain range during mining operations and after their completion. This determines the need to create a problem-oriented GIS.

Key words: geoinformation system, deformation, failure hazard, risks, diagnostics, analysis, mineral deposits.

Введение

Извлечение запасов полезных ископаемых из недр подземным способом сопровождается прогрессирующими нарушениями сплошности и структурными изменениями свойств породного массива, а также различными природно-техногенными процессами. На фоне реакционно-изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива происходит активизация существующих и инициирование новых геомеханических процессов, провоцируются тектонические нарушения, обрушение горных выработок, что вызывает сдвигание породной массы с возможным выходом на земную поверхность, которые могут привести к негативным последствиям вплоть до возникновения чрезвычайных ситуаций [1].

Методы исследования

Для решения задач диагностики напряженно-деформированного состояния горного массива и пространственно-временного анализа развития деформационных процессов необходим переход от статических геологических моделей месторождения к динамическим, отражающим развитие геомеханических и геодинамических процессов в массиве горных пород, инициированных техногенным воздействием и его последствиями. Это предопределяет необходимость создания проблемно-ориентированной ГИС (рис. 1).

Динамические модели развития деформационных процессов в горном массиве по всему месторождению позволяют прогнозировать инициирование антропогенных процессов, сопровождающих выемку полезных ископаемых

и заблаговременно принимать превентивные меры по обеспечению безопасности ведения горных работ и решению экологических проблем, связанных с развитием рискованных ситуаций. В работе используются методы зонного районирования земной поверхности месторождения по уровню провалоопасности [2], математического численного моделирования развития динамических процессов в массиве горных пород [3].

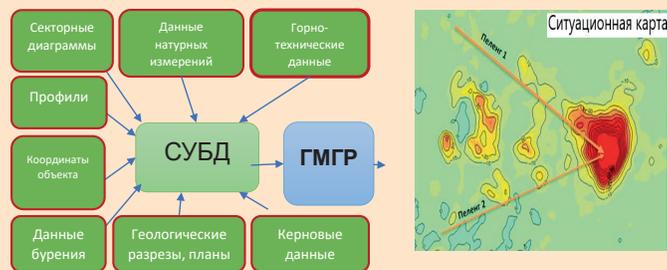


Рис. 1. Геоинформационная система управления рисками (ГИСУР).

Сурет 1. Тәуекелдерді басқарудың геоақпараттық жүйесі (ТБГАЖ).

Figure 1. Geoinformation Risk Management System (GRMS).

В ГИС создается система управления базой данных (СУБД), в которой для простоты и удобства пользователей запроецировано объединенное хранение как атрибутивных, так и пространственных данных.

Создание СУБД реализуется с использованием ArcGIS 10.8 от ESRI, в соответствии со сценарием которого процесс создания СУБД проходит три этапа проектирования: концептуальный, логический и физический.

База данных представляет собой набор из одного или нескольких файлов данных или таблиц, хранящихся в структурированном виде, так что взаимосвязи, существующие между элементами или наборами данных, могут использоваться программным обеспечением СУБД для манипулирования и поиска [4]. База данных ГИС похожа на обычную базу данных (рис. 2).



Рис. 2. Проектирование базы данных ГИС.
Сурет 2. ГАЗ мәліметтер базасын жобалау.
Figure 2. GIS database design.

Однако способность базы данных ГИС хранить, манипулировать, извлекать и отображать пространственные данные (например, карты) в дополнение к обычным функциям обычной базы данных является основной характеристикой, которая отличает ее от других баз данных. С другой стороны, СУБД представляют собой специально разработанные пакеты прикладного программного обеспечения, которые взаимодействуют с пользователем, другими приложениями и самой базой данных для сбора, запроса и анализа данных [5].

Для создания СУБД использовалось основное приложение ArcGIS – ArcMap, которое предназначено для редактирования и анализа данных, создания новых объектов и оформления карт. В ArcMap создан новый документ карты. Для фрейма данных была задана система координат WGS_1984_UTM_Zone_43N со следующими свойствами: Projection – Transverse Mercator; Ложный восток – 500000; Ложные северные привязки – 0,0; Центральный меридиан – 75,0; Масштабный коэффициент – 0,9996; Широта начала отсчета – 0,0; Линейная единица – метр (1,0). К документу карты в ArcMap были добавлены две базовые карты – первая представляла собой изображение QuickBird изучаемой области. Большинство наземных объектов были оцифрованы с этого изображения. Файл мира, прикрепленный к изображению, сделал ненужной географическую привязку. Второй использованной базовой картой была отсканированная карта границ территории месторождения. Из отсканированной карты были оцифрованы объекты съемки (а именно, имеющиеся репера и линии границ месторождения). Карта границ была географически привязана с использованием комбинации GPS-координат с поля и инструмента пространственной привязки ArcGIS (Настройка / Панели инструментов / Географическая привязка).

С базовых карт начинается создание базы данных. Проект прошел три этапа проектирования: концептуальный; логический; физический.

Структура ГИС-проекта включает в себя следующие базовые категории.

Исходные данные: топографическая основа территории; ее инженерно-геологические условия; объекты поверхностного комплекса промплощадки и территории горного отвода; параметры горных работ.

Расчетные, прогнозные данные: расчет прогнозных оседаний и деформаций земной поверхности на различные моменты времени; прогноз изменения инженерно-геологических условий.

Фактические данные в период мониторинга: исполнительная съемка, оседания и деформации земной поверхности, зафиксированные по факту; изменения инженерно-геологических условий.

Концептуальный дизайн в процессе проектирования базы данных

Концептуальный проект – это первый этап процесса проектирования базы данных. Целью на этом этапе является разработка базы данных, которая не зависит от программного обеспечения базы данных и физических деталей. Результатом этого процесса является концептуальная модель данных, которая описывает основные объекты данных, атрибуты, отношения и ограничения данной предметной области. Этот дизайн носит пояснительный и описательный характер [6].

Для проведения пространственно-временного анализа развития деформационных процессов ГИС-проект должен включать набор определенных слоев, содержащих пространственное положение объектов, и атрибутивную информацию. Все слои нужно представить в единой системе координат. Для выполнения расчетов необходимы слои с геологическими характеристиками месторождения, структурными особенностями, гидрогеологическими характеристиками, физико-механическими свойствами, состоянием массива горных пород, схемой вскрытия месторождения и мониторингом земной поверхности. На рисунке 3 в качестве примера показано формирование функционального слоя, отражающего деформационные процессы.

В связи с тем, что информация на месторождении представлена слоями, должна быть возможность не только получить доступ к информации о конкретном слое, но также иметь возможность идентифицировать степень возможной деформации на основе объема выемочных работ. Дизайн оставался простым, чтобы в будущем его можно было доработать.



Рис. 3. Концептуальный дизайн.
Сурет 3. Тұжырымдамалық дизайн.
Figure 3. Conceptual design.

Как только основная концепция базы данных была определена, проектирование перешло к логической стадии.

Логический дизайн

Цель этапа логического проектирования – преобразование концептуальной модели на основе выбранной модели данных в логическую модель, не зависящую от особенностей используемой в дальнейшем СУБД для физической реализации базы данных [7]. Для ее достижения выполняются следующие процедуры:

1. Выбор модели данных;
2. Определение набора таблиц исходя из ER-модели и их документирования;
3. Нормализация таблиц;
4. Проверка логической модели данных на предмет возможности выполнения всех транзакций, предусмотренных проектом;
5. Определение требований поддержки целостности данных и их документирование;
6. Создание окончательного варианта логической модели данных.

В логическом дизайне таблицы были созданы из сущностей. Таблицы были нормализованы, чтобы устранить избыточность данных, и были определены поля в каждой таблице. Также именно на этом этапе были определены первичные ключи и внешние ключи. При необходимости были вставлены индексы и определены отношения между таблицами. Диаграмма ERD позволяет собрать всю логику в одно понятное целое. Однако сложность получения правильной диаграммы с первого раза делает процесс рисования диаграммы итеративным. С каждой итерацией таблицы и отношения редактировались до тех пор, пока не была разработана окончательная диаграмма. На рисунке 4 показан пример логического дизайна концептуального слоя «Деформационные процессы».



Рис. 4. Логический дизайн.
Сурет 4. Логикалық дизайн.
Figure 4. Logical design.

Завершение этого процесса знаменует собой начало физического проектирования.

Физическое проектирование

Цель этапа физического проектирования – описание конкретной реализации базы данных, размещаемой во внешней памяти компьютера. Это описание хранения данных и эффективных методов доступа к данным базы. При логическом проектировании отвечают на вопрос – что надо сделать, а при физическом – выбирается способ, как это сделать [8]. Процедуры физического проектирования следующие:

1. Проектирование таблиц базы данных средствами выбранной СУБД;
2. Реализация правил в среде СУБД;
3. Проектирование физической организации базы данных;

4. Разработка стратегии защиты базы данных;

5. Организация мониторинга функционирования базы данных и ее настройка.

Термин «физический дизайн» – это фраза, обозначающая весь процесс кодирования ERD в программное обеспечение [9].

Реализация дизайна СУБД проводилась в ArcCatalog, где были созданы различные классы пространственных объектов и таблицы.

Наборы данных являются основным средством обеспечения доступа к географической информации в ArcGIS. База геоданных содержит следующие основные типы наборов данных: классы пространственных объектов; наборы данных мозаики и растров; таблицы.

Все отдельные таблицы были связаны с классом объектов *Месторождение*. Тематические таблицы (таблицы, непосредственно прикрепленные к слоям карты) создавались автоматически по мере редактирования слоев. Следующим этапом было создание полей внутри таблиц. В таблицу слоя «Горизонт» по умолчанию были вставлены три столбца – OBJECTID, SHAPE, SHAPE_length. Были вставлены дополнительные три поля – Name, Type и Type_ID. Повсюду использовались два формата полей: текст и короткое целое. Формат текстового поля использовался для большинства описательных полей, например, название горизонта, расположение и т.д. Формат числового поля использовался в основном для индексов, координат, деформаций и т.д.

Для числовых значений были заданы следующие типы данных: Short integer; Long integer; Float (числа с плавающей точкой одинарной точности); Double (числа с плавающей точкой двойной точности).

Чтобы создать отношения, а также обеспечить ссылочную целостность между связанными таблицами, для каждого из отношений были созданы классы отношений. Это можно сделать, щелкнув правой кнопкой мыши значок базы геоданных в ArcCatalog и выбрать «Создать» > «Класс отношений».

Запросы

Для поиска необходимой информации в базе данных использовались два инструмента – инструмент «Связанные таблицы» и инструмент «Идентифицировать». На рисунке 5, 6 и 7 в качестве примера приведены данные в векторном слое, атрибутивные данные в виде таблицы и идентификация репера.

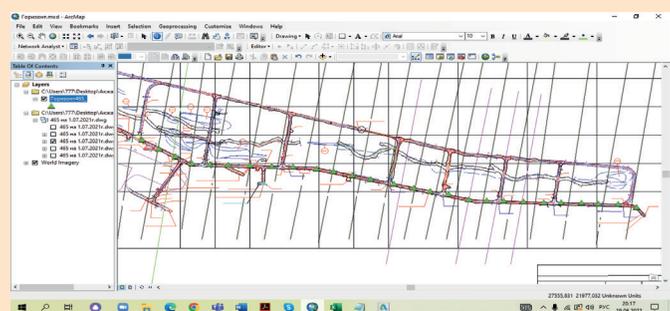


Рис. 5. Векторный слой «Горизонт».
Сурет 5. «Көкжиек» векторлық қабаты.
Figure 5. The Horizon vector layer.

Построитель запросов, инструмент запросов на основе SQL, можно использовать только тогда, когда требуется информация из одной таблицы. Это потому, что он работает только в пределах одной таблицы. Поэтому построитель запросов считался нерелевантным инструментом для этой базы данных.

File	Shape	Rp	X 07_20	Y 07_20	Z 07_20	X 09_20	Y 09_20	Z 09_20	dx	dy	dz
1	Point ZM	R1	22072,581	28057,803	489,262	22072,583	28057,806	489,259	0,002	0,003	-0,003
2	Point ZM	R2	22077,925	28031,451	488,879	22077,921	28031,453	488,875	-0,004	0,002	-0,004
3	Point ZM	R3	22078,855	28003,129	487,893	22078,852	28003,134	487,892	-0,003	0,005	-0,001
4	Point ZM	R4	22080,262	27978,597	487,797	22080,261	27978,598	487,796	-0,001	0,001	-0,001
5	Point ZM	R5	22080,577	27949,107	487,336	22080,579	27949,108	487,333	0,002	0,001	-0,003
6	Point ZM	R6	22080,893	27924,005	486,575	22080,896	27924,008	486,571	0,003	0,003	-0,004
7	Point ZM	R7	22081,942	27895,141	485,893	22081,94	27895,143	485,89	-0,002	0,002	-0,003
8	Point ZM	R8	22083,741	27866,172	485,42	22083,747	27866,174	485,418	0,006	0,002	-0,002
9	Point ZM	R9	22084,246	27842,202	485,044	22084,246	27842,199	485,041	0	-0,003	-0,003
10	Point ZM	R10	22086,197	27816,425	484,185	22086,193	27816,422	484,183	-0,004	-0,003	-0,002
11	Point ZM	R11	22095,168	27786,749	483,778	22095,163	27786,746	483,775	-0,005	-0,003	-0,003
12	Point ZM	R12	22101,138	27760,293	483,001	22101,142	27760,289	482,995	0,004	-0,004	-0,006
13	Point ZM	R13	22106,575	27737,119	482,729	22106,572	27737,121	482,726	-0,003	0,002	-0,003
14	Point ZM	R14	22113,658	27708,039	481,502	22113,655	27708,042	481,499	-0,003	0,003	-0,003
15	Point ZM	R15	22121,875	27675,145	479,402	22121,878	27675,15	479,4	0,003	0,005	-0,002
16	Point ZM	R16	22128,995	27646,244	477,028	22128,992	27646,241	477,021	-0,003	-0,003	-0,005
17	Point ZM	R17	22140,702	27597,225	475,532	22140,707	27597,221	475,527	0,005	-0,004	-0,005
18	Point ZM	R18	22144,001	27562,682	468,993	22144,006	27562,686	468,989	0,005	0,004	-0,004
19	Point ZM	R19	22145,088	27532,078	468,798	22145,082	27532,076	468,795	-0,006	-0,002	-0,003
20	Point ZM	R20	22148,417	27501,138	467,968	22148,415	27501,136	467,964	-0,002	-0,002	-0,004
21	Point ZM	R21	22147,183	27469,493	468,625	22147,187	27469,489	468,621	0,004	-0,004	-0,004
22	Point ZM	R22	22148,622	27443,181	468,515	22148,627	27443,185	468,509	0,005	0,004	-0,006
23	Point ZM	R23	22149,728	27416,936	466,144	22149,731	27416,939	466,138	0,003	0,003	-0,006
24	Point ZM	R24	22162,342	27393,868	466,064	22162,344	27393,87	466,06	0,002	0,002	-0,004
25	Point ZM	R25	22175,757	27370,183	465,171	22175,754	27370,187	465,168	-0,003	0,004	-0,003

Рис. 6. Атрибутивные данные слоя «Горизонт».
Сурет 6. «Көкжиек» қабатының атрибуттік деректері.

Figure 6. Attribute data of the Horizon layer.

После выбора записи в одной таблице инструмент «связанные таблицы» позволяет пользователю просматривать все другие связанные таблицы для просмотра записей, связанных с этой исходной записью. Инструмент «связанные таблицы» лучше всего использовать при использовании атрибутивных данных для поиска необходимых объектов в слое.

Создание СУБД, ориентированную на конкретную задачу, позволяет значительно повысить эффективность доступности необходимым данным на всех этапах его решения по сравнению с использованием имеющихся готовых коммерческих подсистем. Использование ПО ArcGIS 10.8 от ESRI позволяет на всех этапах создания (концептуальный, логический, физический) учитывать особенности

всей цепочки пошаговых действий, направленных на решение задачи.



Рис. 7. Идентификация репера в слое «Горизонт».
Сурет 7. «Көкжиек» қабатындағы реперді анықтау.
Figure 7. Identification of a reference point in the Horizon layer.

Практическая реализация такой подсистемы, примененной для диагностики напряженно-деформированного состояния горного массива и пространственно-временного анализа развития деформационных процессов по всему месторождению в условиях провалоопасности земной поверхности, подтверждает перспективность проблемно-ориентированного построения СУБД.

Закключение

Система реляционных баз данных по-прежнему остается лучшим вариантом хранения и доступа к данным, описанным в данном проекте. Однако база данных должна быть хорошо спроектирована, чтобы использовать ее вычислительную мощность. Данные с географической привязкой лучше хранить, поддерживать и обрабатывать в разделенной системе, т.е. в двух СУБД – одна для атрибутивных данных, а другая для пространственных данных. Это позволяет специализированным инструментам в каждой СУБД концентрироваться на тех типах данных, для которых она была разработана. Это также позволяет использовать большой объем памяти. Соответствующая связь между двумя СУБД позволяет при желании работать как единая система [10].

Настоящая работа выполнена в рамках программы Комитета науки МОН РК (Грант №AP09261035)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трубецкой К.Н., Красавин А.Г., Милитенко И.В. Книга «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр». – М., ИПКОН РАН. – 2014 г. – С. 124-135 (на русском языке)
2. Andrian Vatugin. Критически напряженные участки земной коры как среда для техногенных опасностей. // VII Международная научная конференция «Проблемы комплексного освоения георесурсов» – 2018. – Т. 56. – С. 224-230 (на английском языке)
3. Catrin Edelbro. Численное моделирование наблюдаемых выпадений в массивах твердых пород с использованием модели мгновенного размягчения сцепления и упрочнения трением. // Туннелирование и подземные космические технологии. – 2008. – №24(4). – С. 398-409 (на английском языке)
4. Healey R.G. Системы управления базами данных. // Географические информационные системы. Принципы и приложения. – Т.1 – 1991. – С. 251-267 (на английском языке)
5. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. – М.: Вильямс. – 2005. – С. 1328 (на русском языке)

6. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е изд. – М.: Вильямс. – 2003. – С. 1436 (на русском языке)
7. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. 2-е изд. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2007. – С. 484 (на русском языке)
8. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи. – 2003. – С. 288 (на русском языке)
9. Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. // – М.: «Вильямс». – 2003. – С. 1088 (на русском языке)
10. Yannis Manolopoulos, Apostolos N. Papadopoulos, Michael Gr. Vassilakopoulos. Пространственные базы данных: технологии, приемы и тенденции. // – Идея Групп Инк. – 2005. – С. 340 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Трубецкой К.Н., Красавин А.Г., Милитенко И.В. «Жердің ішкі қабатын кешенді дамыту мен сақтаудың мәселелері мен болашағы» кітабы. – М., ИПКОН РАН. – 2014. – Б. 124-135 (орыс тілінде)
2. Andrian Batugin. Техногендік қауіптердің ортасы ретінде жер қыртысының критикалық күйзеліс аймақтары. // «Георесурстарды кешенді дамыту мәселелері» VII халықаралық ғылыми конференция. – 2018. – Т. 56. – Б.224-230 (ағылшын тілінде)
3. Catrin Edelbro. Іліністі лезде жұмсарту және үйкелісті күшейту моделін қолдана отырып, қатты жыныстар массивтеріндегі байқалған пролапстарды сандық модельдеу. // Туннельдеу және жерасты кеңістігі технологиясы. – 2008. – №24(4). – Б. 398-409 (ағылшын тілінде)
4. Healy R.G. Мәліметтер қорын басқару жүйелері. // Географиялық ақпараттық жүйелер. Принциптер мен қолданулар. – 1991. – Т.1. – Б. 251-267 (ағылшын тілінде)
5. Дейт Дж. Дерекқор жүйелеріне кіріспе. 8-ші басылым. – М.: Уильямс. – 2005. – Б. 1328 (орыс тілінде)
6. Коннолли Т., Бегг К. Мәліметтер базасы. Жобалау, енгізу және қолдау. Теория және практика. Мәліметтер базасының жүйелері: жобалауға, енгізуге және басқаруға практикалық тәсіл. 3-ші басылым. – М.: Уильямс. – 2003. – Б. 1436 (орыс тілінде)
7. Кузнецов С.Д. Мәліметтер базасының негіздері. 2-ші басылым. – М.: Интернет-ақпараттық технологиялар университеті. БИНОМ. Білім зертханасы. – 2007. – Б. 484 (орыс тілінде)
8. Когаловский М.Р. Ақпараттық жүйелердің перспективалық технологиялары. – М.: ДМК Пресс; АйТи компаниясы. – 2003. – Б. 288 (орыс тілінде)
9. Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Дерекқор жүйелері. Толық курс. – М.: «Уильямс». – 2003. – Б. 1088 (орыс тілінде)
10. Yannis Manolopoulos, Apostolos N. Papadopoulos, Michael Gr. Vassilakopoulos. Кеңістіктік мәліметтер базасы: технологиялар, әдістемелер және трендтер. // Idea Group Inc. – 2005. – Б.340 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Trubetskoy K.N., Krasavin A.G., Militenko I.V. Kniga «Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoenija i sohraneniya zemnyh nedr» [The book «Problems and prospects for the integrated development and conservation of the earth's interior»]. // M., IPKON RAS. – 2014 – P. 124-135 (in Russian)
2. Andrian Batugin. Critically Stressed Areas of Earth's Crust as Medium for Man-caused Hazards. // VII International Scientific Conference «Problems of Complex Development of Georesources». – 2018. – Vol. 56. – P. 224-230 (in English)
3. Catrin Edelbro. Numerical modelling of observed fallouts in hard rock masses using an instantaneous cohesion-softening friction-hardening model. // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2008. – №24(4). – P. 398-409 (in English)
4. Healey R.G. Database management systems. // Geographical Information Systems. Principles and Applications. – 1991. – Vol. 1. – P. 251-267 (in English)
5. Date K.J. Vvedenie v sistemy baz dannyh [Introduction to Database systems]. // 8th ed. – M.: Williams. – 2005. – P. 1328 (in Russian)
6. Connolly T., Begg K. Bazy dannyh. Proektirovanie, realizaciya i soprovozhdenie. Teorija i praktika [Database. Design, implementation and support. Theory and practice]. // 3rd ed. – M.: «Vil'jams» = M.: «Williams». – 2003. – P. 1436 (in Russian)
7. Kuznetsov S.D. Osnovy baz dannyh [Fundamentals of databases]. // 2nd ed. – M.: Internet-Universitet Informacionnyh Tehnologij; BINOM. Laboratorija znaniy. = Moscow: Internet University of Information Technologies; BINOM. Laboratory of Knowledge. – 2007. – P. 484 (in Russian)

8. Kogalovsky M.R. *Perspektivnye tehnologii informacionnyh sistem [Advanced technologies of information systems]*. // – М.: DMK Press; Kompanija AjTi = М.: DMK Press; IT company. – 2003. – P. 288 (in Russian)
9. Garcia-Molina G., Ullman J., Widom J. *Sistemy baz dannyh. Polnyj kurs [Database systems. Full course]*. // М.: «Vil'jams» = М.: «Williams». – 2003. – P. 1088 (in Russian)
10. Yannis Manolopoulos, Apostolos N. Papadopoulos, Michael Gr. Vassilakopoulos. *Spatial databases: technologies, techniques and trends*. // – Idea Group Inc. – 2005. – P. 340 (in English)

Сведения об авторах:

Шакиева Г.С., докторант, Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан), g.shakiyeva@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-1968-5738>

Бекетқызы М., аспирант Института геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики по специальности 25.00.22 «Геомеханика, разрушения пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» (г. Алматы, Казахстан), ms.imansakipova@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-0534-2044>

Мырзабиева А., магистрант, Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, ведущий эксперт филиала РГП на ПХВ «Национальный центр геодезии и пространственной информации (г. Алматы, Казахстан) amyrzabieva99@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0003-9696>

Авторлар туралы мәліметтер:

Шакиева Г.С., докторант, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Бекетқызы М., 25.00.22 «Геомеханика, тау жыныстарын жарылыспен жою, кеніш аэрогазодинамикасы және тау жылу физикасы» мамандығы бойынша Кыргыз Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының геомеханика және жер қойнауын игеру институтының аспиранты (Алматы қ., Қазақстан)

Мырзабиева А., магистрант, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, «Ұлттық геодезия және кеңістіктік ақпарат орталығы» ШЖҚ РМК филиалының жетекші сарапшысы (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Shakiyeva G., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, K. Satpayev Kazakh National Research Technical University (Almaty, Kazakhstan)

Beketkyzy M., postgraduate student of the Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, specialty 25.00.22 «Geomechanics, rock destruction by explosion, mine aerogasodynamics and mining thermophysics» (Almaty, Kazakhstan)

Murzabiyeva A., Master's student, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, leading expert of the branch of the RSE at the National Center for Geodesy and Spatial Information (Almaty, Kazakhstan)