

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ /
GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.23>

О ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В КУЗБАССЕ В ГГИС MICROMINE

Научная статья

Наставко Е.В.¹, Наставко А.В.², Кайзер Ф.Ю.³, Соловицкий А.Н.⁴*

¹ ORCID : 0000-0001-9761-9691;

² ORCID : 0000-0001-5938-7383;

³ ORCID : 0000-0002-6756-6493;

⁴ ORCID : 0000-0001-7483-3484;

^{1, 3, 4} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Российская Федерация

² ОАО «Кузбассгипрошахт», Кемерово, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (san.mdig[at]mail.ru)

Аннотация

Проанализирован отечественный опыт создания цифровых моделей на различных месторождениях полезных ископаемых и установлена их востребованность. Отмечен низкий уровень их использования для решения всего комплекса задач при освоении угольных месторождений. Целью исследований является разработка методики реализации создания цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе в горно-геологической информационной системе Micromine, функциональные возможности которой нацелены на обеспечение такого комплекса задач. Реализованы новые принципы создания цифровой модели угольного месторождения, включающие многократность использования информации и многоаспектность применения результатов моделирования, как его освоение, а также подготовку специалистов геологического профиля.

Ключевые слова: цифровая модель, Micromine, каркасная модель, угольное месторождение.

ON THE DIGITAL MODEL OF COAL DEPOSITS IN KUZBASS IN GMIS MICROMINE

Research article

Nastavko E.V.¹, Nastavko A.V.², Kaizer P.Y.³, Solovitskiy A.N.⁴*

¹ ORCID : 0000-0001-9761-9691;

² ORCID : 0000-0001-5938-7383;

³ ORCID : 0000-0002-6756-6493;

⁴ ORCID : 0000-0001-7483-3484;

^{1, 3, 4} Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

² ОАО «Kuzbassgiprosnakht», Kemerovo, Russian Federation

* Corresponding author (san.mdig[at]mail.ru)

Abstract

The domestic experience of creating digital models at various mineral deposits has been analysed, and their relevance has been established. The low level of their use for solving the whole complex of problems in the development of coal deposits is highlighted. The object of the research is to develop a technique for creation of the digital model of a coal deposit in Kuzbass in the mining-geological information system Micromine, which functional capabilities are aimed to provide such a complex of problems. New principles of creation of a digital model of the coal deposit are implemented, including reusability of information and multi-application of modelling results as its development, as well as training of specialists in geological profile.

Keywords: digital model, Micromine, wireframe model, coal deposit.

Введение

Цифровые модели месторождений полезных ископаемых и применение геоинформационных систем для их создания – это новая, но достаточно изученная проблема в отечественной и зарубежной литературе [1], [2], [3], [4]. Обширен спектр программного обеспечения, исследуемых месторождений и решаемых задач [5], [6], [7], [12]. Большое число публикаций посвящено процессам моделирования [1], [2], [3], [4], непосредственному моделированию рудных месторождений [5], [6], коренных месторождений алмазов [8]. В работах [9] и [10] рассматриваются алгоритмы проектирования карьеров в горнодобывающем производстве и методики среднесрочного планирования подземных горных работ. Проводится моделирование с целью проектирования экологически сбалансированного освоения техногенных месторождений на основе отходов обогащения [11]. В последние годы появляется все больше работ по пластовым месторождениям [13], [14], в том числе по угольным [15], [16].

Важность и востребованность разработки теории создания цифровых моделей угольных месторождений в Кузнецком угольном бассейне (Кузбассе) обусловлена чрезвычайно большим объемом разнородной информации, который мало изучен и слабо обобщен. По мнению авторов, в существующем традиционном подходе создания цифровых моделей угольных месторождений в Кузбассе, нацеленном на геологическое обеспечение освоение недр, еще не доминируют фундаментальные постулаты теории информации [17], [18]. На горнопромышленных предприятиях Кузбасса, а также в проектных организациях необходимо развивать комплексный подход, включающий

технологии цифрового моделирования угольных месторождений, нацеленный не только на их геологическое обеспечение, но и являющийся составной частью планирования рационального освоения недр, что возможно обеспечить в настоящее время при современном уровне развития науки, техники и технологий. Поэтому требуется разработка нового методологического подхода и новых принципов к созданию цифровых моделей угольных месторождений, обеспечивающих многократность использования информации и многоаспектность применения результатов моделирования, что является важной научной задачей. Целью исследования является разработка методики реализации создания цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе в горно-геологической информационной системе (ГГИС) Micromine. Авторы считают, что ГГИС Micromine является одним из инструментов решения этой научной задачи. Следовательно, тема исследований актуальна и имеет научный и практический интерес.

Материалы и методы исследования

С помощью ГГИС Micromine время выполнено моделирование угольного месторождения в Кузбассе, площадь которого составляет 7,73 квадратных километров. Участок недр расположен от земной поверхности до глубины 535 м (до абсолютной отметки +180 м). Плотность разведочной сети составляет 12 скважин на 1 км². Она является основой разведочных работ, в процессе проведения которых по каждой скважине определены мощность вскрытых пород, отметки почвы и кровли угольного пласта.

Начальным этапом являлось создание базы данных (БД), которая формируется на основе табличных данных, полученных в результате процесса геологоразведочных работ и последующего опробования полезного ископаемого.

Таблицы геологической информации представляют точечные и интервальные данные и содержат номер скважины, глубину «от», глубину «до» и характеристику. Характеристикой является литология, опробование керна, содержание элемента, различные свойства или другая геологическая информация.

Проверка и анализ исходных горно-геологических данных важны и влияют на достоверность геологической модели. Был выполнен контроль полученных табличных данных с исходными графическими материалами. Кроме того, в программе Micromine была выполнена дополнительная проверка данных по скважинам.

Многократность использования такой исходной информации реализована с помощью ГГИС Micromine. По исходным табличным и графическим данным создана топографическая поверхность, которая представляет собой кривую поверхность, у которой заданная точка X, Y имеет только одно значение Z. Данная поверхность в Micromine смоделирована в виде цифровой модели поверхности (ЦМП). На рисунке 1 показана топографическая поверхность со скважинами смоделированная способом ЦМП. Она основана на неравномерной сети точек, являющимися узлами треугольной сети (метод TIN). Эту поверхность предпочтительнее создавать по линейным данным, а не по точечным за счет их большего количества.

Дальнейшим этапом является создание Каркасной и Блочной моделей. Каркасная модель основана на отображении трехмерного месторождения в виде замкнутых поверхностей методом смежно расположенных треугольников (триангуляции). Каркасы созданы по контурам геологических тел. В ходе исследования каркасы скорректированы с учетом выявленных нарушений. Построенные каркасы заполнены различными свойствами объекта: зольность, калорийность, марка угля (рис. 2).

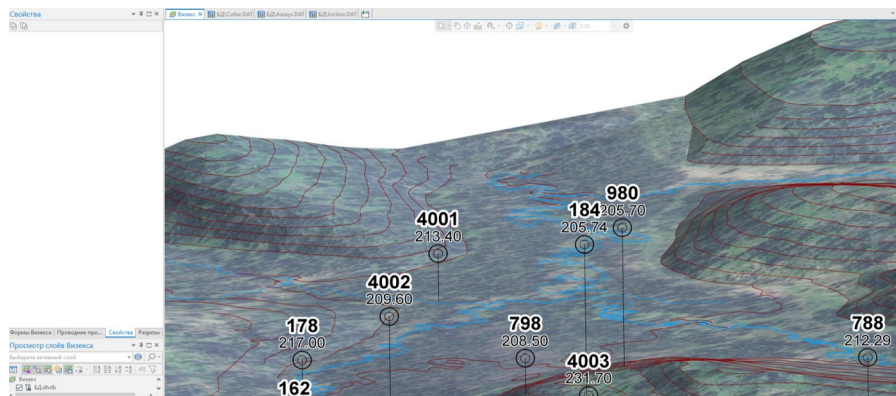


Рисунок 1 - Топографическая поверхность со скважинами смоделированная способом ЦМП

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.23.1>

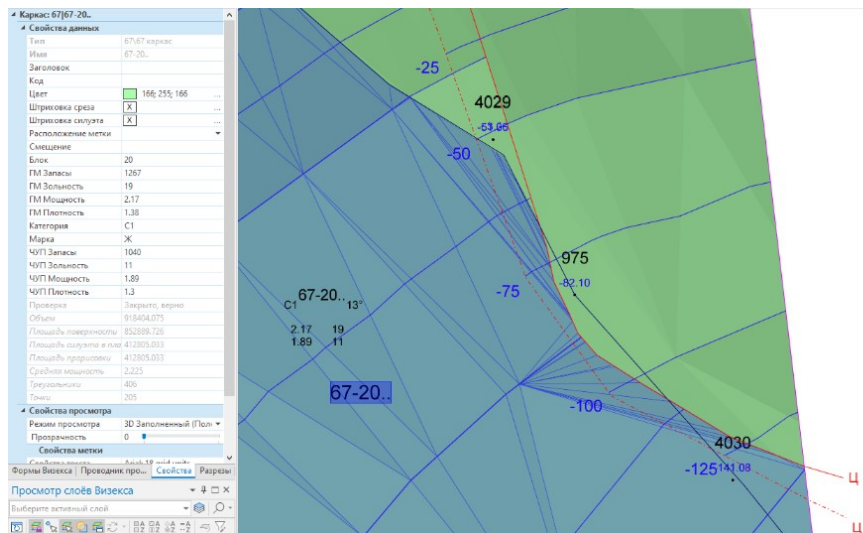


Рисунок 2 - План блока пласта в виде каркасной модели со свойствами объекта
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.23.2>

Блочная модель базируется на представлении пространства месторождения в виде объемных прямоугольных блоков, в которых содержатся свойства объекта. Блочная модель создана на основе каркасной модели, а затем каждый блок заполнен значениями свойств, которые рассчитаны геостатистическими или другими методами. Полученная цифровая модель (рис. 3) характеризуется высокой степенью надёжности.

Многоаспектность применения цифровой модели угольного месторождения заключается в её использовании для подсчета запасов полезных ископаемых, геолого-экономической оценки, задач планирования и отработки. Так, результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что на указанном месторождении проведено оптимальное и комплексное планирование горных работ, которое обеспечивает его развитие на ближайшие 15 лет.

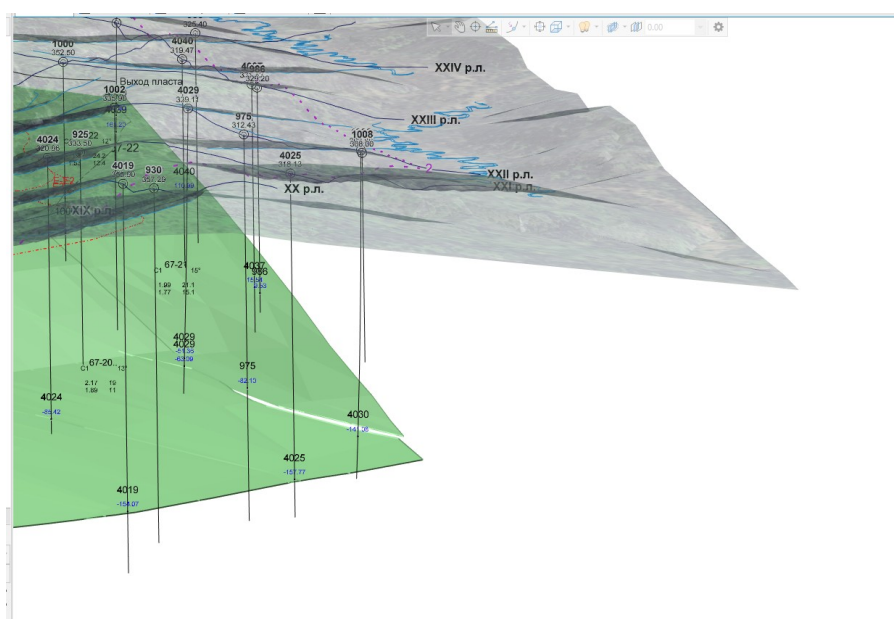


Рисунок 3 - Цифровая модель угольного месторождения
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.23.3>

Реализация методики создания цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе апробирована как в реальной экономике (ООО «УК «СГП»), так и учебном процессе. В настоящее время подготовка будущих геологов не представляется полной без практических навыков такого моделирования. Это обусловлено современными требованиями к их профессиональной деятельности, поскольку, высококвалифицированные специалисты все чаще используют эти ГИС в своей ежедневной работе. Поэтому на кафедре геологии и географии Кемеровского государственного университета организован образовательный процесс с использованием ГИС Micromine для обучающихся направления подготовки 05.03.01 Геология, профиль Геология полезных ископаемых (бакалавриат) в рамках следующих дисциплин: «ГИС в геологии», «Интерпретация геофизических материалов», а также для обучающихся по направлению подготовки 05.04.01 Геология, профиль Геология полезных ископаемых и

недропользование (магистратура) при изучении дисциплины «Компьютерные технологии и ГИС в геологии и недропользовании».

Заключение

На основании результатов выполненных исследований сделаны следующие выводы.

1. Разработана методика реализации создания цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе в ГГИС Micromine, базирующаяся на многократности использования информации и многоаспектности применения результатов моделирования.
2. Отмечены широкие перспективы практического применения проведенных исследований, как в угольной промышленности, так и высших учебных заведениях геологического и горного профиля Кузбасса.

Финансирование

Работа выполнена в рамках договора о сотрудничестве P081121. Моделирование проводилось при помощи программы MICROMINE 2021 (21.0.615.3) [Лицензия MM6234].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out within the framework of the cooperation agreement P081121. The simulation was carried out using the program MICROMINE 2021 (21.0.615.3) [License MM6234].

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Басаргин А.А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий. / А.А. Басаргин // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. — 2014. — 1(25). — с. 34-39.
2. Басаргин А.А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine. / А.А. Басаргин // Интерэкспо Гео-Сибирь; — Новосибирск: СГУГиТ, 2015. — с. 15-20.
3. Петров А.В. Процессы моделирования месторождений рудных полезных ископаемых с использованием ГГИС Micromine. / А.В. Петров, Т.Л. Доан // Молодёжный вестник ИрГТУ. — 2020. — 10(1). — с. 12-18.
4. Третьякова О.Г. Построение геологической каркасной модели правобережья Р. Кюрбелях (Томпонский полигон СВФУ) в ГГИС Майкромайн. / О.Г. Третьякова, М.Ф. Третьяков, Ф.Ф. Третьяков // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. — 2021. — 4(24). — с. 44-52.
5. Макаров И.В. Опыт использования горно-геологической системы Micromine при оценке экономической эффективности отработки Горевского свинцово-цинкового месторождения. / И.В. Макаров, В.А. Пронский // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. — 2013. — 6(4). — с. 374-386.
6. Маниковский П.М. Методика моделирования рудных месторождений в ГГИС. / П.М. Маниковский, Л.А. Васютич, Г.П. Сидорова // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2021. — 27(2). — с. 6-14. — DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-6-14
7. Shehu A. 3D modeling and interpretation of Fe/Ni deposit in Skroska Mine using Micromine. / A. Shehu, S. Lipo // Albanian Journal of Natural and Technical Sciences. — 2016. — 21. — p. 47-60.
8. Новопашин А.В. Моделирование коренных месторождений алмазов Западной Якутии в горно-геологической информационной системе Micromine. / А.В. Новопашин, М.Э. Трушевская // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. — 2018. — 6. — с. 163-166.
9. Наумов А.Н. Алгоритм проектирования карьеров в горнодобывающем производстве средствами ГГИС Micromine / А.Н. Наумов, А.С. Петрова, Д.А. Днепровская и др. // Инновационные технологии в технике и образовании: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Чита, 14–15 декабря 2021 года; — Чита: Забайкальский государственный университет, 2021. — с. 325-332.
10. Проценко А.В. Использование экономических показателей в методике среднесрочного планирования горных работ в горно-геологической информационной системе Micromine. / А.В. Проценко., Ж.Б. Байров, Г.С. Федотов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — 8. — с. 208-216.
11. Радченко Д.Н. Результаты имитационного моделирования процессов экологически сбалансированного освоения месторождений с использованием программного комплекса Micromine / Д.Н. Радченко, К.Н. Залевская // Новое в познании процессов рудообразования; — М.: Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, 2018. — с. 299-301.
12. Gentana D. Determination of Tanggamus Geothermal Prospect Area, Lampung Province, South Sumatra Based on Remote Sensing and 3D Micromine Software. / D. Gentana // FIG Work. Week. — 2017. — 8871. — p. 399-401.
13. Бесперстов А.С. Моделирование пластовых месторождений при помощи ГГИС Micromine. / А.С. Бесперстов // Горная промышленность. — 2011. — 5(99). — с. 86-88.
14. Сапронова Н.П. Особенности моделирования пластовых месторождений в среде ГГИС Micromine. / Н.П. Сапронова, Г.С. Федотов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — 1. — с. 38-45.

15. Тедикова А.А. Использование ГГИС Micromine для моделирования участка угольного месторождения / А.А. Тедикова, М.А. Красноцветов // Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов - от прогноза к добыче; — М.: Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2020. — с. 187-188.
16. Агафонов И.А. Опыт защиты блочных моделей по угольным месторождениям в ГКЗ. / И.А. Агафонов, Д.В. Малофеев // Уголь. — 2022. — 3(1152). — с. 90-94.
17. Опарин В.Н. К проблеме разработки методов и геоинформационных средств комплексной оценки влияния нелинейных деформационно-волновых процессов, индуцированных сейсмическими воздействиями, на геомеханическое состояние бортов карьеров и газодинамическую активность угольных шахт Кузбасса. / В.Н. Опарин, В.П. Потапов, Т.А. Киряева и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — 8. — с. 5-39.
18. Соловицкий А.Н. Геоинформационное обеспечение геодезического мониторинга геодинамики земной коры в районах освоения угольных месторождений: требования для проектирования. / А.Н. Соловицкий // Геодезия и аэрофотосъемка. — 2019. — 3. — с. 333-339.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Basargin A.A. Sozдание cifrovyyx modelej mestorozhdenij poleznyx iskopaemyx s primeneniem sovremennyx tekhnologij [Creation of digital models of mineral deposits using modern technologies]. / A.A. Basargin // Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj geodezicheskoy akademii [Bulletin of the Siberian State Geodetic Academy]. — 2014. — 1(25). — p. 34-39. [in Russian]
2. Basargin A.A. Metodika sozdaniya trexmernyx geologicheskix modelej mestorozhdenij s ispol'zovaniem geoinformacionnoj sistemy' Micromine [Methodology for creating three-dimensional geological models of deposits using the Micromine geoinformation system]. / A.A. Basargin // Interexpo Geo-Siberia; — Novosibirsk: SGUGiT, 2015. — p. 15-20. [in Russian]
3. Petrov A.V. Processy' modelirovaniya mestorozhdenij rudnyx poleznyx iskopaemyx s ispol'zovaniem GGIS Micromine [Processes of modeling deposits of ore minerals with the use of GGIS Micromine]. / A.V. Petrov, T.L. Doan // Molodyozhny'j vestnik IrGTU [Youth Bulletin of ISTU.]. — 2020. — 10(1). — p. 12-18. [in Russian]
4. Tret'yakova O.G. Postroenie geologicheskoy karkasnoj modeli pravoberezh'ya R. Kyurbelyax (Tomponskij poligon SVFU) v GGIS Majkromajn [Construction of a geological wireframe model of the right bank of the R. Kyurbelyakh (Tomponsky polygon of NEFU) in the GGIS Micromine]. / O.G. Tret'yakova, M.F. Tret'yakov, F.F. Tret'yakov // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya: Nauki o Zemle [Bulletin of the North-Eastern Federal University them. M.K. Ammosov. Series: Earth Sciences]. — 2021. — 4(24). — p. 44-52. [in Russian]
5. Makarov I.V. Opyt' ispol'zovaniya gorno-geologicheskoy sistemy' Micromine pri ocenke e'konomicheskoy e'ffektivnosti otrabotki Gorevskogo svincovo-cinkovogo mestorozhdeniya [Experience of using the mining and geological system Micromine in assessing the economic efficiency of mining the Gorevsky lead-zinc deposit]. / I.V. Makarov, V.A. Pronskij // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Texnika i tekhnologii [Journal of the Siberian Federal University. Series: Technics and technologies]. — 2013. — 6(4). — p. 374-386. [in Russian]
6. Manikovskij P.M. Metodika modelirovaniya rudnyx mestorozhdenij v GGIS [Methodology for modeling ore deposits in the GGIS]. / P.M. Manikovskij, L.A. Vasyutich, G.P. Sidorova // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Trans-Baikal State University]. — 2021. — 27(2). — p. 6-14. — DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-6-14 [in Russian]
7. Shehu A. 3D modeling and interpretation of Fe/Ni deposit in Skroska Mine using Micromine. / A. Shehu, S. Lipo // Albanian Journal of Natural and Technical Sciences. — 2016. — 21. — p. 47-60.
8. Novopashin A.V. Modelirovanie korennyx mestorozhdenijalmazov Zapadnoj Yakutii v gorno-geologicheskoy informacionnoj sisteme Micromine [Modeling of primary diamond deposits in Western Yakutia in the mining and geological information system Micromine]. / A.V. Novopashin, M.E'. Trushevskaya // Geologiya, geoekologiya i resursnyj potencial Urala i sopredel'nyx territorij [Geology, geocology and resource potential of the Urals and adjacent territories]. — 2018. — 6. — p. 163-166. [in Russian]
9. Naumov A.N. Algoritm proektirovaniya karerov v gornodobivayushchem proizvodstve sredstvami GGIS Micromine [Algorithm for designing quarries in mining production using the MGIS Micromine] / A.N. Naumov, A.S. Petrova, D.A. Dneprovskaya et al. // Innovative technologies in technology and education: Proceedings of the XIII International Scientific - practical conference, Chita, December 14–15, 2021; — Chita: Trans-Baikal State University, 2021. — p. 325-332. [in Russian]
10. Procenko. A.V. Ispol'zovanie e'konomicheskix pokazatelej v metodike srednesrochnogo planirovaniya gornyx rabot v gorno-geologicheskoy informacionnoj sisteme Micromine [Use of economic indicators in the methodology of medium-term mining planning in the mining and geological information system Micromine]. / A.V. Procenko., Zh.B. Bajrov, G.S. Fedotov et al. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. — 2018. — 8. — p. 208-216. [in Russian]
11. Radchenko D.N. Rezultati imitatsionnogo modelirovaniya protsessov ekologicheskij sbalansirovannogo osvoeniya mestorozhdenij s ispol'zovaniem programmno kompleksa Micromine [Results of simulation modeling of environmentally balanced deposit development processes using the Micromine software package] / D.N. Radchenko, K.N. Zalevskaya // New in the knowledge of ore formation processes; — M.: Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, 2018. — p. 299-301. [in Russian]
12. Gentana D. Determination of Tanggamus Geothermal Prospect Area, Lampung Province, South Sumatra Based on Remote Sensing and 3D Micromine Software. / D. Gentana // FIG Work. Week. — 2017. — 8871. — p. 399-401.

13. Besperstov A.S. Modelirovanie plastovy'x mestorozhdenij pri pomoshhi GIS Micromine [Modeling of reservoir deposits using the GIS Micromine]. / A.S. Besperstov // Gornaya promy'shennost' [Mining industry]. — 2011. — 5(99). — p. 86-88. [in Russian]
14. Sapronova N.P. Osobennosti modelirovaniya plastovy'x mestorozhdenij v srede GIS Micromine [Features of reservoir deposits modeling in the Micromine GIS environment]. / N.P. Sapronova, G.S. Fedotov // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. — 2018. — 1. — p. 38-45. [in Russian]
15. Tedikova A.A. Ispolzovanie GIS Micromine dlya modelirovaniya uchastka ugol'nogo mestorozhdeniya [Using the Micromine GIS for modeling a coal deposit site] / A.A. Tedikova, M.A. Krasnotsvetov // Mineral resource base of diamonds, precious and non-ferrous metals - from forecast to production; — M.: Central Research Geological Exploration Institute of Non-Ferrous and Precious Metals, 2020. — p. 187-188. [in Russian]
16. Agafonov I.A. Opy't zashhity' blochny'x modelej po ugol'ny'm mestorozhdeniyam v GKZ [Experience in protection of block models for coal deposits in the GKZ]. / I.A. Agafonov, D.V. Malofeev // Ugol' [Coal]. — 2022. — 3(1152). — p. 90-94. [in Russian]
17. Oparin V.N. K probleme razrabotki metodov i geoinformacionny'x sredstv kompleksnoj ocenki vliyaniya nelinejny'x deformacionno-volnovy'x processov, inducirovanny'x sejsmicheskimi vozdeystviyami, na geomexanicheskoe sostoyanie bortov kar'erov i gazodinamicheskuyu aktivnost' ugol'ny'x shax't Kuzbassa [On the problem of developing methods and geoinformation tools for a comprehensive assessment of the influence of nonlinear deformation-wave processes induced by seismic effects on the geomechanical state of open-pit walls and gas-dynamic activity of Kuzbass coal mines]. / V.N. Oparin, V.P. Potapov, T.A. Kiryaeva et al. // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [Mining information and analytical bulletin]. — 2020. — 8. — p. 5-39. [in Russian]
18. Solovickij A.N. Geoinformacionnoe obespechenie geodezicheskogo monitoringa geodinamiki zemnoj kory' v rajonax osvoeniya ugol'ny'x mestorozhdenij: trebovaniya dlya proektirovaniya [Geoinformation support for the design of geodetic monitoring of the stress-strain state of the earth's crust in areas of development of coal deposits design]. / A.N. Solovickij // Geodeziya i aerofotos'emka [Geodesy and Aerophotosurveying]. — 2019. — 3. — p. 333-339. [in Russian]