

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ГГИС MICROMINE

METHODOLOGY FOR MODELING ORE DEPOSITS IN THE GIS MICROMINE



П. М. Маниковский,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита,
manikovskiy@yandex.ru

P. Manikovskiy,
Transbaikal State University, Chita



Л. А. Васютич,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита,
lyudmila-vasyuti@mail.ru

L. Vasyutich,
Transbaikal State University, Chita



Г. П. Сидорова,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита,
druja@inbox.ru

G. Sidorova,
Transbaikal State University, Chita

В работе систематизируются сведения об общепринятых приемах моделирования залежей полезного ископаемого в поэтапную методику. По шагам рассматривается методика моделирования геологического строения рудных месторождений полезных ископаемых в горно-геологической информационной системе *Micromine* на основе данных геологической разведки. В результате процесса моделирования специалист получает блочную модель полезного ископаемого. Поэтапно освещается наиболее распространенный способ интерпретации рудного тела по геологическим профилям. Приводится описание алгоритма построения геологической модели, который включает в себя импорт данных в среду ГГИС *Micromine*, их поэтапную визуализацию: создание базы данных геологоразведочных скважин, отображение их устьев и траекторий, выделение рудных интервалов в соответствии с требованиями государственной комиссии по запасам. По полученным рудным интервалам осуществляется интерпретация данных на вертикальных разрезах, объединение контуров рудных тел и построение их каркасных моделей, а также создание пустой блочной модели и интерполяция в нее данных лабораторного опробования. В статье не рассматривается методика моделирования угольных месторождений и метод условного моделирования. Выказаны соображения по тематике будущих исследований в части описания методик моделирования пластовых месторождений и условного моделирования

Ключевые слова: математическое, горно-геологическое моделирование; интерпретация геологических данных; горно-геологические информационные системы; блочная модель; каркасная модель; рудное тело; геологоразведочная скважина; ресурсное моделирование; рудное месторождение

The information about the generally accepted methods of modeling mineral deposits into a step-by-step methodology is systematized in the article. The method of modeling the geological structure of ore deposits of minerals in the mining and geological information system *Micromine* based on geological exploration data is considered step by step. As a result of the modeling process, the specialist receives a block model of the mineral. The most common way of interpreting an ore body based on geological profiles is covered gradually.

The article describes the algorithm for constructing a geological model, which includes importing data into the *Micromine* GIS environment, and their visualization in gradual mode: creating a database of exploration wells, displaying their mouths and trajectories, and selecting ore intervals in accordance with the requirements of the State Commission on reserves. The obtained ore intervals are used for interpreting data on vertical sections, combining contours of ore bodies and building their frame models, as well as creating an empty block model and interpolating laboratory testing data into it. The authors do not consider the method of modeling coal deposits and the method of conditional modeling. Suggestions are made on the subject of future research in terms of describing methods for modeling reservoir deposits and conditional modeling

Key words: mathematical, mining and geological modeling, interpretation of geological data, mining and geological information systems, block model, frame model, ore body, exploration well, resource modeling, ore deposit

Актуальность. За последние несколько десятилетий в горнодобывающей отрасли по всему миру произошли существенные изменения, связанные с внедрением цифровых инструментов и технологий в производство. Вместе с горным производством началось существенное изменение и в отрасли геологической разведки. Развитие технических, программных средств и алгоритмов достигло такого уровня, когда прикладное программное обеспечение (ПО) и интегрируемые в него искусственные нейронные сети, скрипты и алгоритмы могут предоставлять инженерам существенный объем оперативных данных по производству. Основываясь на постоянно обновляемой информации, инженер может принимать более качественные и взвешенные решения, которые напрямую влияют на эффективность производства горных или геологических работ. Таким образом, ПО помогает инженеру принимать решения, создавать цифровые модели месторождений и предприятий в целом, охватывать их сетью автоматизированного управления и диспетчеризации, что в итоге ведет к созданию полного цифрового двойника предприятия, а это, в свою очередь, имеет ряд объективных преимуществ [1].

Объект исследования – месторождения рудных полезных ископаемых.

Предмет исследования – процесс горно-геологического моделирования в ГГИС (горно-геологические информационные системы).

Цель исследования – систематизация приемов ресурсного моделирования в ГГИС в единую методику.

Задачи исследования:

1. Обобщение и систематизация данных в части выделения рудных интервалов в соответствии с требованиями ГКЗ (государственной комиссии по запасам).

2. Обобщение данных об интерпретации рудных тел по геологическим профилям с последующим получением пустой блочной модели и интерполяции в полученную модель данных лабораторного опробования.

Методология и методы исследования. Основным методом исследования, использованным при подготовке работы, является моделирование. Современная методология моделирования базируется на системном подходе к объекту исследования. Объект рассматривается как сложная система, состоя-

щая из взаимосвязанных, целенаправленно функционирующих элементов. Моделирование – это получение знаний об объекте исследования с помощью его заменителей – аналога, модели. Под моделью понимается мысленно представляемый или материально существующий аналог объекта (цифровой двойник) [2].

В горнорудном производстве и в отрасли геологической разведки активно применяются горно-геологические информационные системы (ГГИС), которые позволяют моделировать месторождения полезных ископаемых (ПИ). Крупные горнодобывающие компании активно применяют ГГИС на производствах при открытой и подземной разработке месторождений, как рудных, так и нерудных. В практике работы используются различные ГГИС: Leapfrog, Surpac, Datamine, Mineframe, Micromine и др. В исследовании рассматриваются способы моделирования месторождений на примере ГГИС Micromine [3; 4; 11].

При помощи математических алгоритмов, заложенных в ГГИС Micromine, и реализованных на их базе инструментов получены промежуточные и окончательные результаты моделирования и блочная модель ПИ. В рамках работы рассматривается наиболее распространенная методика моделирования рудных тел, которая начинается с выделения рудных интервалов и интерпретации геолого-разведочных данных на вертикальных разрезах. Этот метод не является единственным.

Описание материалов и разработанность проблемы. На предприятиях горнорудного профиля используются CAD и GIS системы для получения цифровых данных по месторождению и своевременного принятия решений в области оперативного контроля и управления. Описанная методика получила широкое распространение на производстве и не выявляет новых алгоритмов и механизмов ресурсного моделирования, но актуализирует их в общую методику и предлагает системный стандартизованный подход к подсчету запасов методом вертикальных сечений. Результаты моделирования золоторудного месторождения получены при использовании ГГИС Micromine. Актуальной является версия ГГИС Micromine 2020.5, которая и использовалась с целью получения заявленных результатов исследования. Данные по месторождению рудного золота пре-

доставлены компанией Майкромайн Рус и не составляют коммерческой тайны.

Результаты исследования. Результат моделирования рудного тела, его интерпретация и геометризация в недрах земли зависит от информации, полученной в ходе геологической разведки, а также результатов

опробования, полученных в лабораторных условиях. Результатом процесса разведки и дальнейшего опробования становятся табличные данные, на основе которых формируется база данных (БД). Пример одной из таблиц, структурно слагающих БД скважин в Micromine, приведён на рис. 1.

а)						б)						
	HOLE	EAST	NORTH	RL	TDEPTH		HOLE	FROM	TO	INTERVAL	AU	AG
1	GL04	24969.872	15870.400	1563.503	105.000	82	GL04	101.000	103.000	2.000	0.120	0.500
2	GL05	24941.520	15870.400	1562.198	231.650	83	GL04	103.000	105.000	2.000	0.310	0.500
3	GL06	24953.538	15921.367	1567.583	128.800	84	GL05	0.000	2.000	2.000	0.000	0.500
4	GL07	24936.186	15921.367	1569.435	184.200	85	GL05	2.000	4.000	2.000	0.000	0.500
5	GL08	24956.242	15976.325	1578.285	143.200	86	GL05	4.000	6.000	2.000	0.000	0.500
6	GL09	24939.893	15976.325	1579.493	170.000	87	GL05	6.000	8.000	2.000	0.000	0.500
7	GL10	24989.655	15950.719	1576.227	115.050	88	GL05	8.000	10.000	2.000	0.000	0.500
8	GL12	24976.305	15950.718	1575.466	134.650	89	GL05	10.000	12.000	2.000	0.000	0.500

Рис. 1. Пример таблиц с данными из БД геологоразведочных скважин в ГГИС Micromine: а) таблица с данными по скважинам; б) таблица с данными опробования по скважинам / Fig. 1. An example of tables with data from the database of exploration wells in the Micromine GIS: a) table with well data; b) table with well sampling data

В базе данные группируются по соответствующим атрибутам. Как правило, им является поле или колонка с названием разведочной выработки, но процесс группировки может быть выполнен и по другим сопоставимым признакам. После процесса группировки выполняется первичная математическая обработка информации, анализ и проверка БД на наличие соответствующих ошибок, происходит их редактирование. Затем по всем

геологическим профилям проводится работа по визуализации скважин, отображению их устьев и импорт данных маркшейдерской съемки поверхности для визуальной проверки корректности информации геологической разведки. Визуализируются все данные в 3D среде ГГИС Micromine, которая носит название «Визекс». Пример продольного геологического разреза, выполненного в ГГИС Micromine, представлен на рис. 2.

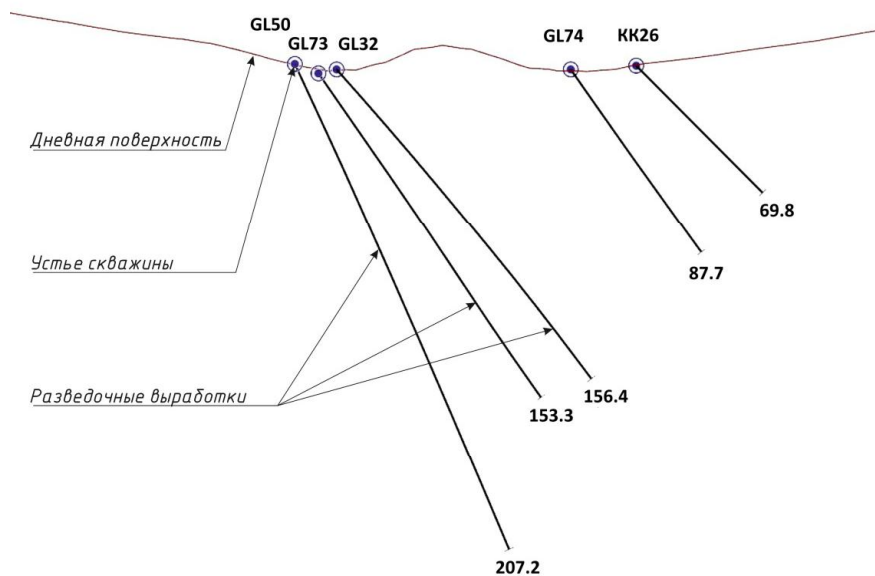


Рис. 2. Пример продольного геологического разреза, выполненного в ГГИС Micromine / Fig. 2. An example of a longitudinal geological section made in GGIS Micromine

После визуализации первичных данных разведки в Визексе, ГГИС Micromine при помощи встроенного аппарата математической статистики позволяет специалисту по моделированию выделить зоны минерализации и основные популяции содержаний месторождения. На следующем этапе при взаимодействии со специалистами по экономике и технологами проекта определяется метод обработки МПИ, а также устанавливается бортовое содержание полезного компонента в руде. При этом на вертикальных разрезах выделяются рудные интервалы по каждой разведочной выработке. Выполняется интерпретация данных и оконтуривание рудных интервалов. В результате специалист по моделированию получает геометрическую фигуру, представляющую собой замкнутый контур рудного тела на разрезе. Такой зам-

кнутый контур обычно называют полигоном. Существует традиционный процесс выделения рудных интервалов – по требованиям государственной комиссии по запасам (ГКЗ). ГГИС Micromine позволяет его автоматизировать. Алгоритм программы способствует выделению интервалов с учетом требований ГКЗ [6].

Следующий этап моделирования связан с преобразованием контуров рудных тел в каркасы при помощи метода триангуляции. Каркасы корректируются таким образом, чтобы учесть нарушения, выявленные в ходе исследования месторождения. По полученным каркасным моделям становится понятна геометрия рудного тела в недрах земли, определяются элементы залегания рудного тела (рис. 3) [7; 12].

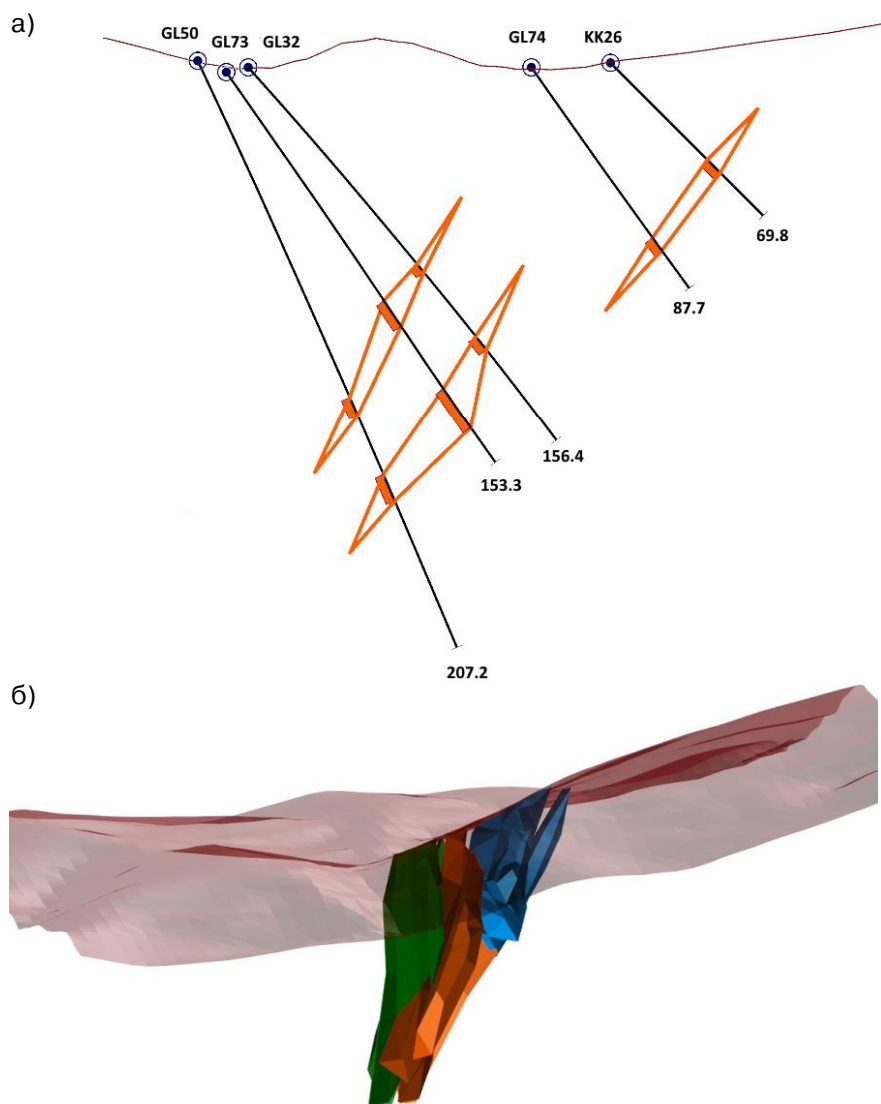


Рис. 3. Геометрия рудного тела:
 а) контуры рудных тел, отстроенные по одному геологическому профилю. Оранжевым цветом выделены рудные интервалы, оранжевой линией – контуры рудных тел.
 б) каркасы рудных тел, смоделированные по соответствующим контурам / Fig. 3.
 а) Contours of ore bodies built according to one geological profile. Ore intervals are highlighted in orange, and the contours of ore bodies are highlighted in orange.
 б) frameworks of ore bodies modeled according to the corresponding contours

После построения каркасных моделей обязательна проверка правильности триангуляции встроенными средствами и механизмами ГГИС, необходимая для того, чтобы избежать неверной триангуляции при дальнейшей работе с моделями. В противном случае у специалиста по моделированию могут возникнуть проблемы с правильным построением блочной модели рудного тела, что повлияет на корректность дальнейшего подсчета запасов полезного компонента по всему месторождению.

Следующий этап моделирования месторождения – создание пустой блочной модели (БМ) и интерполяция в полученную модель данных геологического опробования. БМ может быть полной или рудной. Полная модель содержит данные о блоках пустой породы и рудных блоках; соответственно, рудная модель состоит только из рудных блоков (трехмерных ячеек), расположенных таким образом, что они могут дать представление о форме рудного тела. Зная размеры каждого блока, специалист может рассчитать их объем, умножение объема на плотность позволяет узнать тоннаж. Суммируя все тоннажи блоков, можно получить тоннаж всего рудного тела. Остается оценить содержание каждого элемента для всех блоков в процессе, называемом интерполяцией содержаний. Для этого используют метод обратных расстояний, кригинг, полииндикаторный или ранговый кригинг [4; 10; 11; 13]. Блочная модель позволяет получить смоделированные данные о распределении содержаний по месторождению, визуализировать их в Визексе и на основании полученных результатов просчитать экономическую целесообразность отработки каждого блока БМ на текущий момент, с учетом рыночной цены конечной продукции.

На рис. 4 представлена блочная модель рудного тела в изометрической проекции и в разрезе. Штриховка по содержанию полезного компонента (золота) позволяет провести визуальный анализ содержаний в представленной БМ [12].

На этой стадии работа по моделированию рудных тел месторождения ПИ считается оконченной. Дальнейшая работа с месторождением связана с проектированием предприятия и выбором метода отработки МПИ. Принимаются основополагающие для предприятия инженерные решения, осу-

ществляется проектирование подземных горных выработок или проектирование карьера, отвальных площадей и другой инфраструктуры.

Обсуждение результатов. В геостатистике существует афоризм Джорджа Бокса, уважаемого британского эксперта в области геостатистики и подсчета запасов, который можно перевести следующим образом: «В сущности, все модели неправильны, но некоторые из них полезны» [8]. Это высказывание говорит о том, что задача специалиста по моделированию применительно к моделированию месторождений ПИ – создать максимально приближенную к реальности модель рудного или нерудного тела/пласта, которая смогла бы способствовать принятию наиболее верных решений при отработке рассматриваемого месторождения [9].

Не следует забывать и об эксплуатационной геологической разведке, призванной скорректировать модель месторождения уже в процессе его разработки. Для наглядности приведем сравнительный анализ первоначальных контуров рудных тел и истинных, уточненных в результате эксплуатационной разведки и отработки месторождения ПИ (рис. 5). Примером послужило уже отработанное австралийское золоторудное месторождение, из чего можно с уверенностью утверждать о качестве сравнения первоначальных контуров рудных тел и истинных, установленных на момент окончания отработки месторождения.

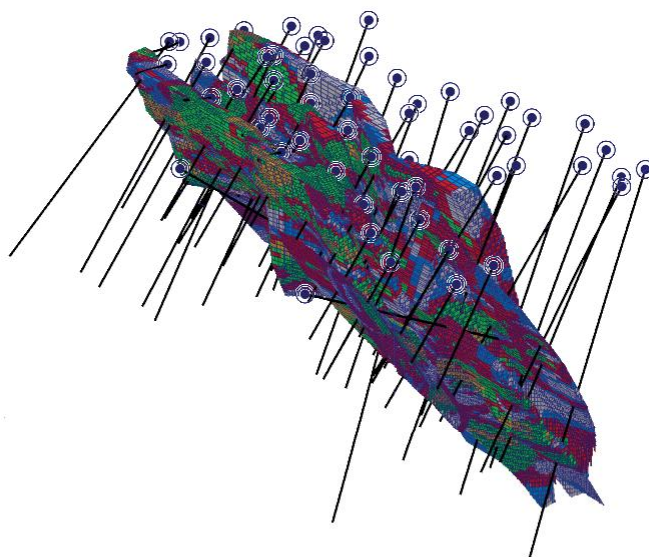
Учитывая, что контуры рудных тел, спроектированные по результатам первичного опробования, имеют в основном меньшую площадь, чем истинные, можно утверждать, что специалист по моделированию месторождения ПИ успешно справился с поставленной задачей. Методом моделирования получены каркасные модели рудных тел, произведена интерполяция содержаний. В конечном итоге коллективом предприятия обоснована экономическая целесообразность отработки месторождения ПИ. При этом реальные запасы руды оказались выше проектных.

Ограничения исследования. Описанная методика применима и апробирована для рудных месторождений ПИ, при моделировании угольных месторождений она имеет некоторые отличия. Например, после подготовки и импорта данных геологоразведки мо-

жет создаваться не каркасная модель рудного пласта, а сеточная модель месторождения с определением стратиграфической последовательности, дальнейшим геостатистиче-

ским исследованием на основе вариографии и построением блочной модели месторождения ПИ [5].

а)



б)

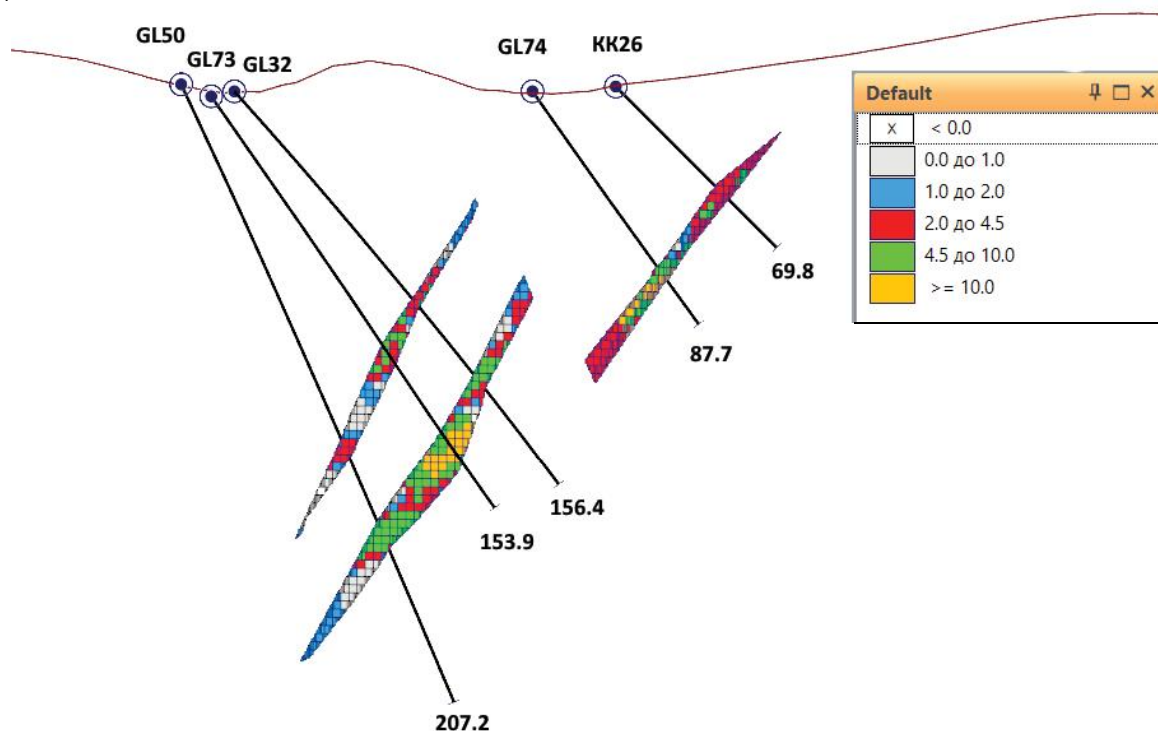


Рис. 4. Блочная модель с интерполированными содержаниями по золоту: а) в изометрии, вместе со скважинами; б) в разрезе по одному геологическому профилю с легендой штриховок, выполненной по содержанию золота / Fig. 4. Block model with interpolated gold contents: a) in isometry, together with boreholes; b) in the section on one geological profile with the legend of hatches made on the gold content

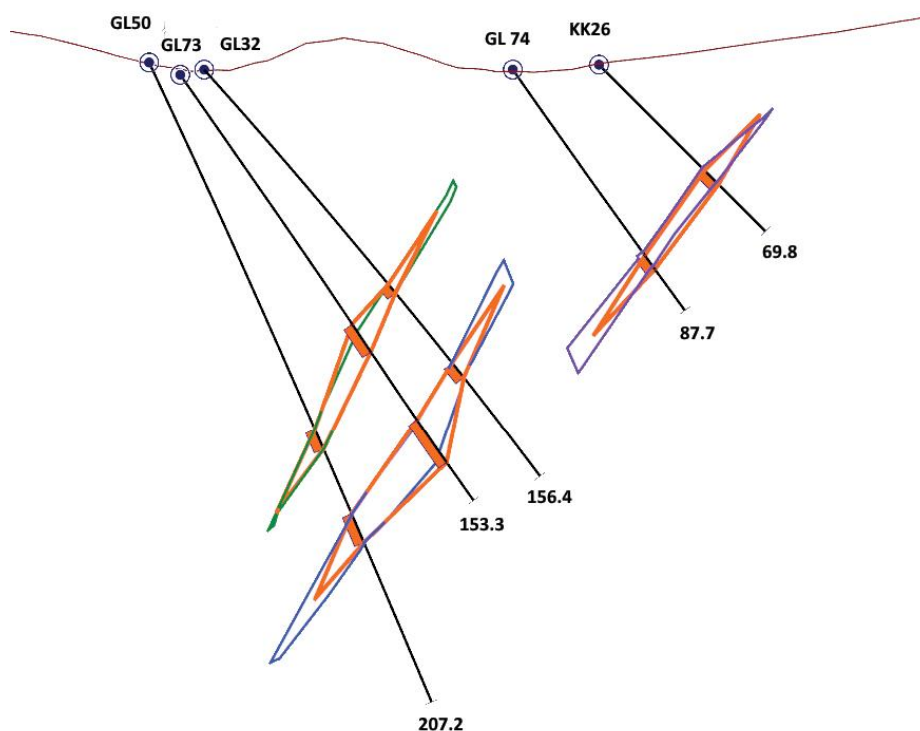


Рис. 5. Сравнение контуров рудных тел, выполненных по результатам первичного опробования (оранжевый) и истинных контуров рудных тел (синий, зелёный, фиолетовый) / Fig. 5. Comparison of the contours of ore bodies made according to the results of primary testing (orange) and the true contours of ore bodies (blue, green, purple)

Предложения по направлению будущих исследований. С целью описания методик моделирования залежей ПИ авторы намерены описать наиболее востребованные приемы и методы при моделировании угольных месторождений. Систематизация опыта и описание методики необходимы для условного моделирования – сравнительно нового метода моделирования залежей ПИ. Кроме заявленных тем, авторами планируется работа по систематизации приемов моделирования открытых горных работ в ГГИС.

Заключение. Целью исследования являлась систематизация приемов ресурсного моделирования в ГГИС в единую методику. Методика пошагово описана в исследовании. Получение оптимальных оболочек карьера/подземных горных выработок, а также их примерных контуров относится к проектированию горнодобывающего предприятия и выходит за рамки темы в связи с чем в работе не рассматривается.

Список литературы

1. Басаргин А. А. Моделирование месторождений рудных полезных ископаемых с использованием геоинформационной системы Micromine // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. № 2. С. 151–155.
2. Маниковский П. М., Овчаренко Н. В., Наумов А. Н. Геолого-математическое моделирование месторождений как фактор формирования профессиональных компетенций при подготовке современных горных инженеров // Кулагинские чтения: Техника и технологии производственных процессов: сб. статей XIX Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 ч. Ч. 2 / отв. ред. А. В. Шапиева. 2019. С. 24–29.
3. Наговицын О. В., Лукичев С. В. Горно-геологические информационные системы, область применения и особенности построения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 71–83.

4. Проценко А. В., Байров Ж. Б., Федотов Г. С., Зартенова Л. Г. Использование экономических показателей в методике среднесрочного планирования горных работ в горно-геологической информационной системе Micromine // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 8. С. 208–216.
5. Сапронова Н. П., Федотов Г. С. Особенности моделирования пластовых месторождений в среде ГГИС Micromine // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 1 (спец. вып. 1). С. 38–45.
6. Cuiying Zhou, Zichun Du, Jinwu Ouyang, Zhilong Zhang, Zhen Liu. A 3D geological model and cutting algorithm based on a vertically projected triangulated network. Текст: электронный // Computers & Geosciences. 2020, vol. 143. ISSN 0098-3004. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104562> (дата обращения: 12.03.2021).
7. Dongdong Pan, Zhenhao Xu, Xinming Lu, Longquan Zhou, Haiyan Li. 3D scene and geological modeling using integrated multi-source spatial data: Methodology, challenges, and suggestions. Текст: электронный // Tunnelling and Underground Space Technology, 2020, vol. 100, ISSN 0886-7798, <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103393> (дата обращения: 12.03.2021).
8. George E. P. Box. Science and Statistics. Текст: электронный // Journal of the American Statistical Association. Dec., 1976. vol. 71, no. 356, pp. 791–799. URL: <https://www.jstor.org/stable/2286841> (дата обращения: 12.03.2021).
9. Glacken, I M and Snowden, D V. Mineral Resource Estimation, in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice / Ed: A C Edwards. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2001, pp. 189–198.
10. J.-P. Chilès, N. Desassis. Fifty Years of Kriging. Текст: электронный // B. S. Daya Sagar et al. (eds.), Handbook of Mathematical Geosciences, 2018, Chapter 29, pp. 589–612. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6_29 (дата обращения: 12.03.2021).
11. Swapan Kumar Haldar. Mineral Exploration (Second Edition). Текст: электронный // Chapter 8. Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, Mineral Exploration. Second Edition: Editor(s): Swapan Kumar Haldar, Elsevier, 2018, pp. 145–165, ISBN 9780128140222. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814022-2.00008-3> (дата обращения: 12.03.2021).
12. Vann J, Jackson S, Bertoli O. Quantitative Kriging Neighbourhood Analysis for the Mining Geologist — A Description of the Method With Worked Case Examples // 5th International Mining Geology Conference (Bendigo, 17–19 November 2003). Bendigo: Vic, pp. 1–10.
13. Vann, J., Guibal, D. Beyond ordinary kriging – An overview of non-linear estimation // Mineral Resource and Ore Reserve Estimation: The AusIMM guide to good practice. Parkville: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2000 (Monograph 23), pp. 249–256.

References

1. Basargin A. A. *Interexpo Geo-Sibir* (Interexpo Geo-Siberia), 2016, no. 2, pp. 151–155.
2. Manikovsky P. M., Ovcharenko N. V., Naumov A. N. *Kulaginskie chteniya: Tehnika i tehnologii proizvodstvennyh protsessov: sb. statey XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 ch. CH. 2* (Kulagin readings: Technique and technologies of production processes: collected articles of the XIX International Scientific and Practical Conference): in 3 ch. Ch. 2 / ed. by A.V. Shapiey. 2019. pp. 24–29.
3. Nagovitsyn O. V., Lukichev S. V. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2016, no. 7. pp. 71–83.
4. Protsenko A. V., Bairov Zh. B., Fedotov G. S., Zartanova L. G. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2018, no. 8, pp. 208–216.
5. Sapronova N. P., Fedotov G. S. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2018, no. 1 (special issue 1), pp. 38–45.
6. Cuiying Zhou, Zichun Du, Jinwu Ouyang, Zhilong Zhang, Zhen Liu. *Computers & Geosciences* (Computers & Geosciences), 2020, vol. 143, ISSN 0098-3004. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104562> (date of access: 12.03.2021). Text: electronic.
7. Dongdong Pan, Zhenhao Xu, Xinming Lu, Longquan Zhou, Haiyan Li. *Tunnelling and Underground Space Technology* (Tunnelling and Underground Space Technology), 2020, vol. 100, ISSN 0886-7798. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103393> (date of access: 12.03.2021). Text: electronic.
8. George E. P. Box. *Journal of the American Statistical Association* (Journal of the American Statistical Association), Dec., 1976, vol. 71, no. 356, pp. 791–799. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2286841> (date of access: 12.03.2021). Text: electronic.
9. Glacken, I M and Snowden, D V. *Mineral Resource Estimation, in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice / Ed: A C Edwards* (Mineral Resource Estimation, in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice / Ed: A C Edwards). Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2001, pp. 189–198.

10. J.-P. Chilès, N. Desassis. *B. S. Daya Sagar et al. (eds.), Handbook of Mathematical Geosciences* (B. S. Daya Sagar et al. (eds.), *Handbook of Mathematical Geosciences*), 2018, Chapter 29, pp. 589–612. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6_29 (date of access: 12.03.2021). Text: electronic.

11. Swapan Kumar Haldar. *Chapter 8. Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, Mineral Exploration. Second Edition: Editor(s): Swapan Kumar Haldar, Elsevier* (Chapter 8. *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, Mineral Exploration. Second Edition: Editor(s): Swapan Kumar Haldar, Elsevier*), 2018, pp. 145–165, ISBN 9780128140222. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814022-2.00008-3> (date of access: 12.03.2021). Text: electronic.

12. Vann J, Jackson S, Bertoli O. *5th International Mining Geology Conference (Bendigo, 17–19 November 2003)* (5th International Mining Geology Conference (Bendigo, 17–19 November 2003)). Bendigo: Vic, pp. 1–10.

13. Vann, J., Guibal, D. *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation: The AusIMM guide to good practice. Parkville: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy* (Mineral Resource and Ore Reserve Estimation: The AusIMM guide to good practice. Parkville: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy), 2000 (Monograph 23), pp. 249–256.

Авторы выражают признательность за предоставленные данные и помощь в подготовке статьи коллективу ООО «Майкромайн Рус» и лично руководителю департамента по работе с учебными заведениями и методическому обеспечению Григорию Сергеевичу Федотову

Коротко об авторах

Маниковский Павел Михайлович, аспирант, кафедра обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: моделирование в горном производстве, подсчет запасов полезных ископаемых и управление качеством полезного ископаемого. manikovskiyprn@yandex.ru

Васютин Людмила Александровна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры прикладной геологии и технологии геологической разведки, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: экология подземных вод, инженерная геология, гидрогеология городов, экология криолитозоны lyudmila-vasyuti@mail.ru

Сидорова Галина Петровна, д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной геологии и технологии геологической разведки, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геоэкология и геотехнология горного производства druja@inbox.ru.

Briefly about the authors

Pavel Manikovsky, postgraduate, Mineral Processing and Secondary Raw Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: modeling in mining, calculation of mineral reserves and mineral quality management

Lyudmila Vasyutich, candidate of geol-mineral sciences, associate professor, Applied Geology and Technology of Geological Exploration department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: groundwater ecology, geological engineering, hydrogeology of cities, ecology of permafrost

Galina Sidorova, doctor of technical sciences, professor, Applied Geology and Technology of Geological Exploration department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: geoecology and geotechnology of mining production

Образец цитирования

Маниковский П. М., Васютин Л. А., Сидорова Г. П. Методика моделирования рудных месторождений в ГГИС Micromine // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 2. С. 6–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-6-14.

Manikovsky P., Vasjutich L., Sidorova G. Methodology for modeling ore deposits in the GIS Micromine // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 6–14. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-2-6-14.

Статья поступила в редакцию: 22.03.2021 г.

Статья принята к публикации: 26.03.2021 г.