

© Б.Ю. Собко¹, В.А. Кардаш¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРИВИМІРНОЇ ГІРНИЧОГЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ МОТРОНІВСЬКО-АННІВСЬКОГО РОЗСИПУ

© B. Sobko¹, V. Kardash¹¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

CREATION OF A DIGITAL THREE-DIMENSIONAL MINING- GEOLOGICAL MODEL OF THE MOTRONIVSKO-ANNIVSKY PLACER

Мета. Створення цифрової тривимірної геологічної моделі Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського розсипу для гірничо-геометричного аналізу змін об'ємів гірських порід на етапах розробки родовища в системі програмного комплексу тривимірного гірничо-геологічного моделювання «Micromine».

Методологія. Для моделювання змін обсягів гірських порід на етапах розробки родовища було створено тривимірну гірничо-геологічну модель Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського розсипу за даними геологорозвідувальних свердловин із застосуванням програмного комплексу гірничо-геологічного моделювання «Micromine».

Результати дослідження. Проведені дослідження дозволили провести аналіз розподілу корисної копалини в межах контуру запасів розсипу. При цьому чітко простежується класична система накопичення мінералів (ільменіт, рутил, циркон) з максимальним вмістом рудних мінералів по центральній частині розсипу – 5–7 %, по периферії – 2–4 %. Проведений гірничо-геометричний аналіз кар'єрного поля дозволив розробити календарний план відпрацювання родовища за перші сім років з врахуванням проектної потужності гірничотранспортного обладнання при гірничо-капітальних роботах та при проведенні розкривних робіт. Окрім цього за допомогою тривимірної геологічної моделі родовища встановлено вміст основних матеріалів що видобуваються: ільменіт, рутил, циркон.

Наукова новизна. Обґрунтовані об'єми гірських порід на етапах розробки родовища. Встановлено залежність коефіцієнта розкриву за роками розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського розсипу.

Практичне значення. Отримані результати необхідні для встановлення закономірностей коливань вмісту корисних компонентів в рудних пісках; проведення оперативного підрахунку запасів і оцінки обсягів рудних пісків та розкривних порід за роками розробки родовища; ведення безперервного планування і коригування гірничих робіт, створення цифрових планів гірничих робіт.

Ключові слова: тривимірна геологічна модель родовища, кар'єр, рудні піски, розкривні породи, коефіцієнт розкриву.

Вступ. В даний час в практиці розробки родовищ корисних копалин зі складною геологічною структурою все більшого розвитку отримують сучасні системи тривимірного гірничо-геологічного моделювання для створення достовірних цифрових моделей покладу родовищ.

Використання сучасних програмних комплексів для створення тривимірних блокових моделей родовища зі подальшим аналізом розподілу корисної копалини є необхідним кроком для розвитку гірничовидобувної промисловості України. В роботі [1] приведено порівняння традиційного (Полігонального) методу та методу підрахунку запасів з використанням тривимірної блокової моделі родовища. Таке моделювання дозволяє підвищити точність підрахунку запасів, а також значно розширити можливості з візуалізації удосконалених технологічних схем розробки родовищ та подальшого аналізу їх параметрів з ціллю оптимізації.

Малишевське родовище є одним з найбільших розсипних родовищ титанцирконієвих руд. Родовище являє собою стародавній похований морський розсип, приурочений до піщаних відкладів сарматського ярусу і полтавської серії неогенової системи.

Мотронівсько-Аннівська ділянка розташована в північно-західній частині Малишевського родовища, на площі близько 47 км².

Попередня оцінка запасів була проведена за результатом пробурених понад 1060 свердловин, які є джерелом інформації по літології і вмісту корисних компонентів, які були включені в цифрову геологічну базу даних. Для кожної із свердловин були враховані її координати, базові дані геологічної розвідки і наявні індивідуальні результати випробування.

Основна частина. В роботі на основі розвідувальних свердловин було створено електронну базу даних. При розробці гірничо-геологічної моделі було застосовано цифрову модель топографічної поверхні території родовища.

За прийнятим проектними кондиціям та розрізами були побудовані контури рудних тіл, які потім були об'єднані в загальне рудне тіло. Далі контури були з'єднані між розрізами і побудована замкнута об'ємна фігура - тривимірна модель рудного тіла.

Наступним етапом було створення блокової моделі, в якій було проінтерпольовано вміст корисних компонентів з проб розвідувальних свердловин (рис. 1) [2].

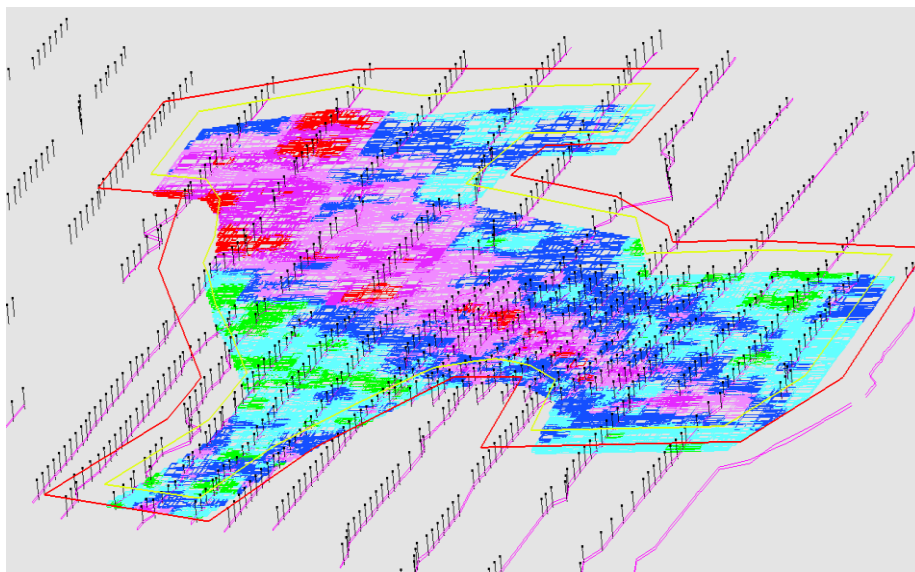


Рис. 1. Блокова цифрова тривимірна модель Мотронівсько-Аннівського розсипу

На родовищі проводяться гірничо-капітальні роботи з транспортуванням порід розкриву на зовнішні відвали, а частина запасів вже готова до відпрацювання.

Для врахування впливу існуючих гірничих виробок та проведення гірничо-геометричного аналізу кар'єрного поля була створена його цифрова тривимірна модель.

З цією метою, за наявними результатами маркшейдерської зйомки була створена растрова карта (рис. 2). Отримані дані було адаптовано до відповідного формату та імпортовано до моделі, створеної по даним геологорозвідувальних свердловин у програмному комплексі «Micromine».

За даними карти оцифровано 2200 точок, на підставі яких було створено цифрову модель поверхні кар'єра, що відображає поточний стан робіт (рис. 3).



Рис. 2. Цифрова модель кар'єра Мотронівського ГЗК (2019 р.)

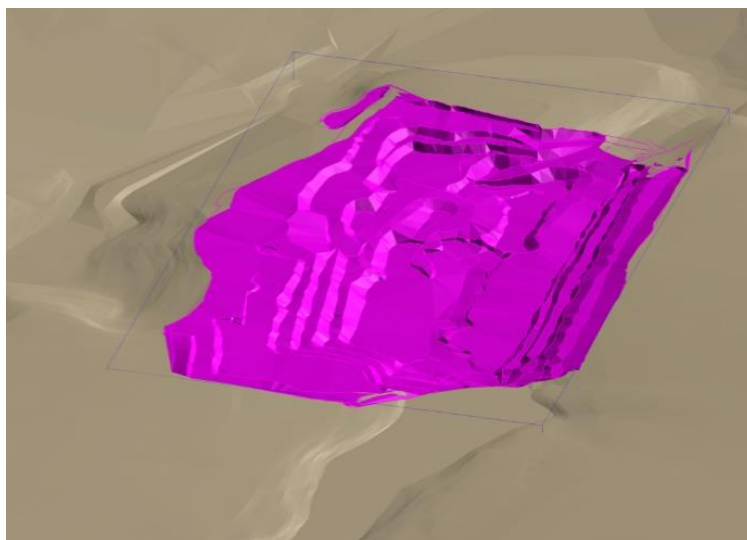


Рис. 3. Тривимірна поверхня кар'єра

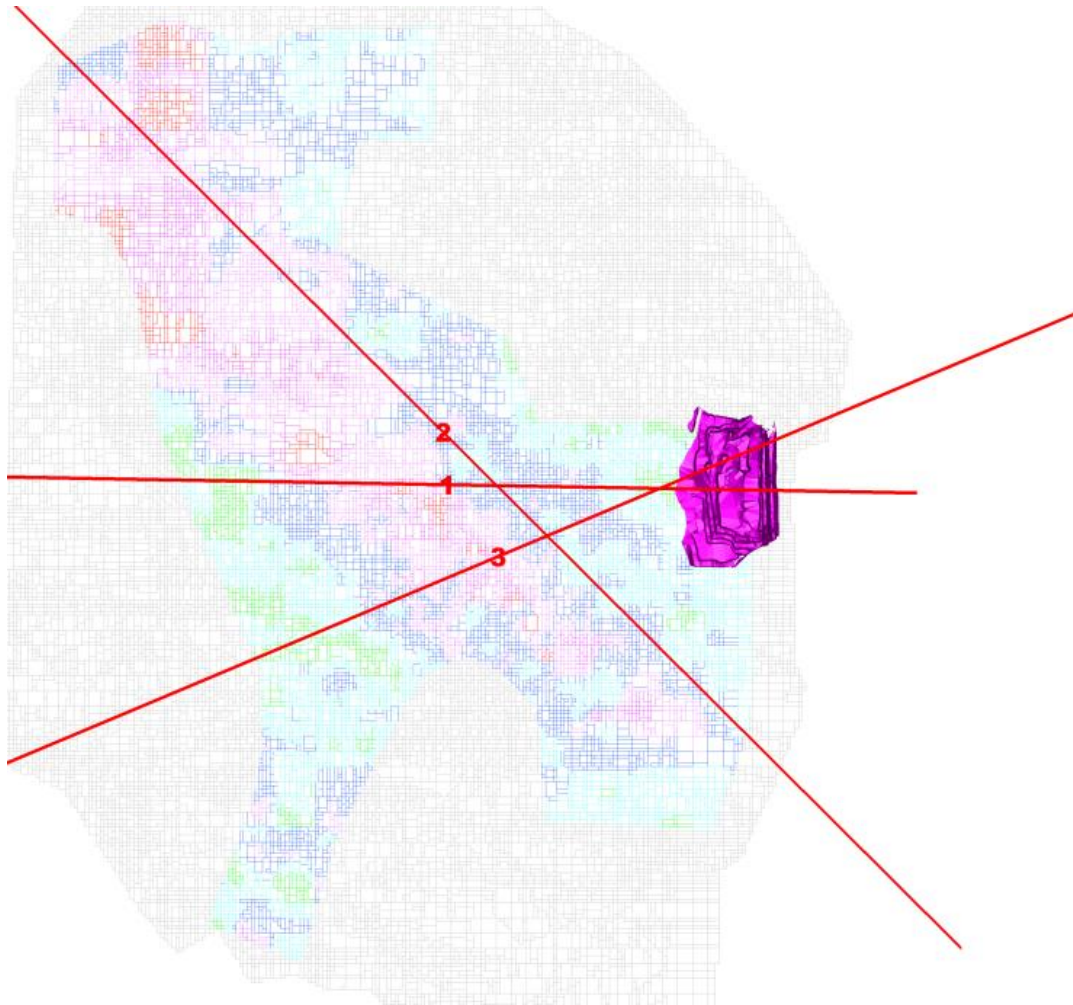


Рис. 4. Приклад розміщення ліній розрізів Мотронівсько-Аннівського розсипу

На основі тривимірної поверхні кар'єра розраховано об'єм виробок на поточний стан, що складає приблизно 11 млн м³.

За допомогою підсистеми програмного моделювання «Micromine» побудовано геологічні розрізи кар'єрного поля. Які дозволяють візуально визначити структуру родовища, розподіл корисної копалини а також обсяги розкривних порід на різних етапах розробки родовища. На рис. 4 наведено лінії геологічних розрізів Мотронівсько-Аннівського розсипу.

Приклад геологічного розрізу по лінії 2 наведено на рис. 5.

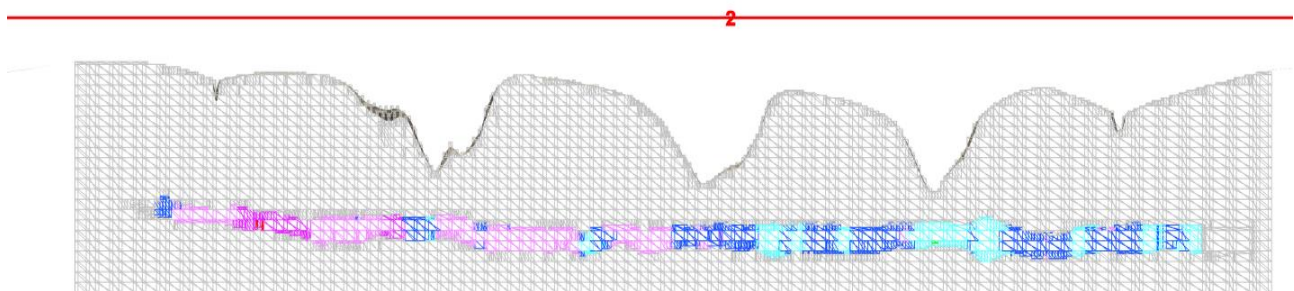


Рис. 5. Приклад геологічного розрізу по лінії 2 з масштабом: гор/верт 1:10.

Проведені дослідження дозволили провести аналіз розподілу корисної копалини в межах контуру запасів розсипу. При цьому за всіма компонентами чітко простежується класична система накопичення мінералів (ільменіт, рутил, циркон) з максимальним вмістом по центральній частині розсипу – 5 – 7 % рудних мінералів та зменшуються до периферії – 2 – 4 %. Завдяки створеній гірничо-геологічній моделі Мотронівсько-Аннівського розсипу в системі програмного комплексу «Micromine» та за допомогою тривимірної поверхні кар'єра проведений гірничо-геометричний аналіз умов залягання гірських порід родовища, обсяги видобутку рудних пісків та розкриття за роками розробки родовища.

Розрахунок об'ємів гірничої маси при виробничій потужності кар'єру 5,4 млн м³ на рік за роками розробки наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Об'єми гірничої маси за роками розробки

Роки розробки	Гірнична маса, тис.м ³	Рудні піски, тис.м ³	Розкривні породи, тис.м ³	Коефіцієнт розкриття, K_p
1	36 227	5 445	30 781	5,65
2	28 134	5 361	22 773	4,25
3	34 857	5 426	29 431	5,42
4	61 684	5 408	56 277	10,4
5	6 150	5 394	756	0,14
6	19 276	5 376	13 900	2,58
7	33 178	5 386	27 792	5,16
8	49 584	5 389	44 195	8,2
9	25 246	5 413	19 833	3,66
10	10 9158	5 395	103 763	19,23
11	7 450	5 384	2 066	0,38
12	6 350	5 413	938	0,17
13	47 734	5 394	42 341	7,85
14	23 651	5 389	18 262	3,34
15	45 053	5 405	39 648	7,33
16	97 320	5 395	91 926	17,04
17	8 750	5 428	3 322	0,61
18	6 450	5 366	1 084	0,2
19	20 652	5 434	15 217	2,8
20	19 486	5 361	14 125	2,63
21	39 150	5 395	33 755	6,26
22	116 683	5 433	111 250	20,48
23	5 500	5 391	109	0,02
24	5 650	5 395	255	0,04
25	5 700	5 397	303	0,06
26	11 550	5 399	6 151	1,14
27	74 041	5 416	68 626	12,67
28	7 100	5 384	1 716	0,32
29	2 550	1 420	1 130	0,8
Всього	954 315	152 589	801 726	$K_p^c = 5,25$

Як видно з даних табл. 1 об'єми розкривних порід за роками розробки родовища різко коливаються в зв'язку з тим, що територія родовища являє собою високе плато, в значній мірі розчленоване яро-балочною мережею.

Абсолютні позначки поверхні досягають 170 – 180 м, а по тальвегах балок – 100 – 110 м. Середній коефіцієнт розкриття складає 5,25.

На рис. 6 наведено графік залежності коефіцієнта розкриття родовища за роками розробки родовища.

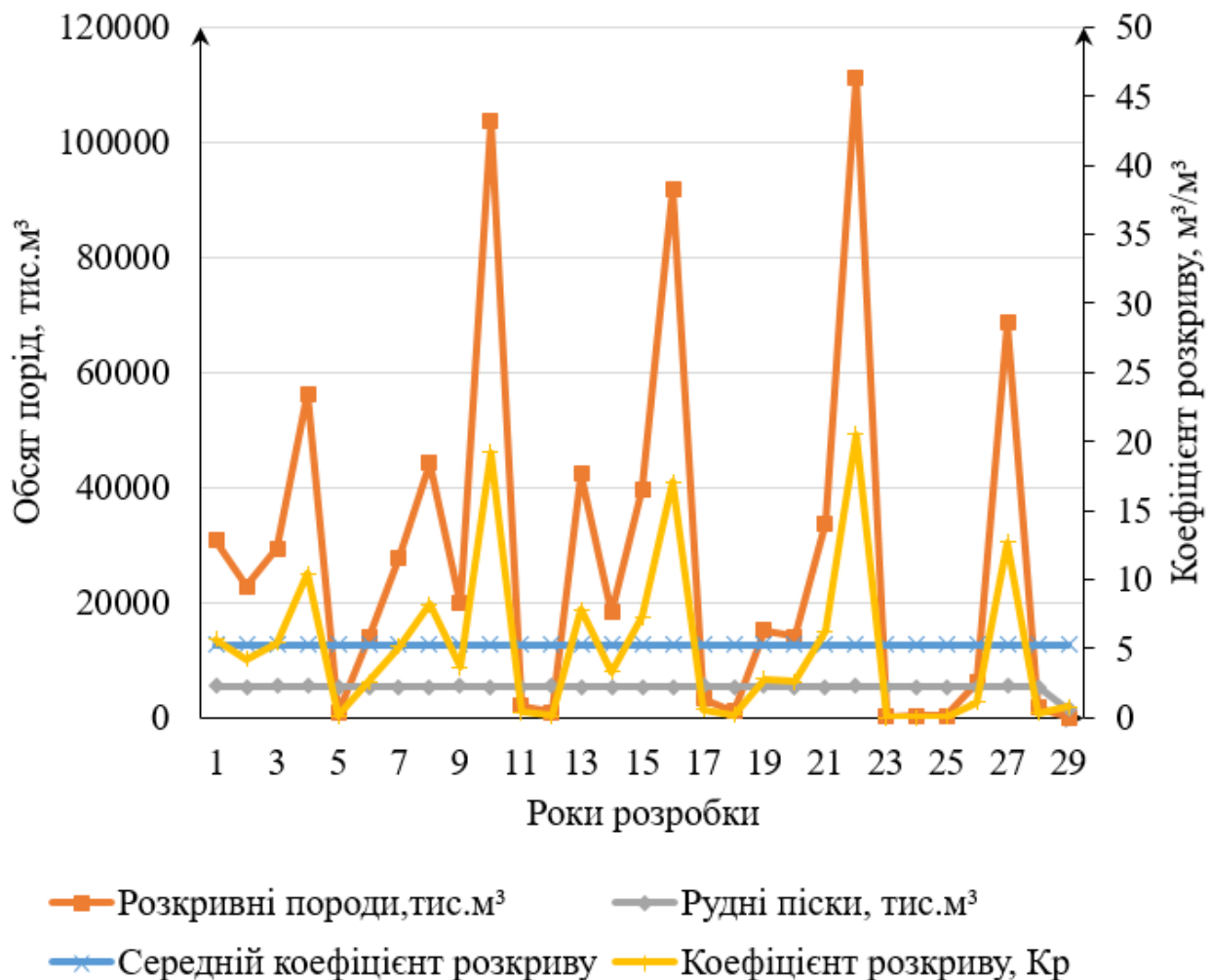


Рис. 6. Графік залежності коефіцієнта розкриття за роками розробки родовища

Завдяки гірничо-геометричному аналізу кар'єрного поля розроблено календарний план відпрацювання родовища за перші сім років з врахуванням проектної потужності гірничотранспортного обладнання при гірничо-капітальних роботах та при проведенні розкривних робіт.

Протягом перших двох років розкривні породи в обсязі 15,8 млн м³ транспортуються на зовнішній відвал для формування необхідного виробленого простору кар'єру з рудним покладом підготовленим до розробки.

Вихід на проектну потужність – 5,4 млн м³ здійснюється на п'ятий рік.

До п'ятого року відпрацювання застосовується транспортна система розробки родовища з застосуванням крокуючих екскаваторів ЕШ-10/50 та автосамоскидів вантажопідйомністю 55 т. Обсяги видобутку згідно планових завдань, починаючи з третього року розробки становить два роки 2,7 млн м³ рудних пісків. З п'ятого року згідно проектних рішень на розкривних роботах застосовують роторний комплекс потужністю – 10 млн м³/рік.

Календарний план розробки родовища представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Календарний план розробки Мотронівсько-Аннівського розсипу

Рік розробки	1	2	3	4	5	6	7
Обсяг розкриву, млн м ³	7,94	7,94	8,81	10,30	25,89	25,89	25,89
Обсяг розкриву на внутрішні відвали, млн м ³	0	0	8,81	10,30	25,89	25,89	25,89
Обсяг розкриву на зовнішні відвали, млн м ³	7,94	7,94	0	0	0	0	0
Обсяг видобутку рудних пісків, млн м ³	0	0	2,87	2,78	5,93	5,41	5,59
Циркон, кг/м ³			5,38	4,63	6,78	7,25	7,52
Рутил, кг/м ³			10,51	9,29	13,32	14,47	14,65
Ільменіт, кг/м ³			35,71	29,95	45,42	48,66	50,32

Висновки. Проведені дослідження дозволили провести аналіз розподілу корисної копалини в межах контуру запасів розсипу. При цьому чітко простежується класична система накопичення мінералів (ільменіт, рутил, циркон) з максимальним вмістом рудних мінералів по центральній частині розсипу – 5 – 7 % по периферії – 2 – 4 %.

Проведений гірничо-геометричний аналіз кар'єрного поля дозволив розробити календарний план відпрацювання родовища за перші сім років з врахуванням проектної потужності гірничотранспортного обладнання при гірничо-капітальних роботах та при проведенні розкривних робіт. При цьому за допомогою тривимірної геологічної моделі родовища встановлено вміст основних мінералів, що видобуваються: ільменіт, рутил, циркон.

Таким чином застосування тривимірних моделей розсипних родовищ дозволяє: встановлювати закономірності коливань вмісту корисних компонентів в рудних пісках; проводити оперативний підрахунок запасів і оцінку обсягів руди та розкривних порід; вести безперервне планування і коригування гірничих робіт, створювати цифрові плани гірничих робіт та екскаваторних вибоїв.

Перелік посилань

1. Баряцька, Н.В., & Сафронова, Н.Г. (2019). Підрахунок запасів рудних родовищ методами блокового моделювання як сучасна альтернатива традиційним методам. *Шоста Міжнародна Науково-Практична Конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи Інвестування"* 181–185. <https://geoservicecom.com/6.pdf>
2. Собко, Б. Е. (2008). *Удосконалення технології відкритої розробки розсипних титано-цирконієвих руд*. НГУ.

АННОТАЦІЯ

Цель. Создание цифровой трехмерной геологической модели Мотроновский-Анновского участка Малышевской россыпи для горно-геометрического анализа изменений объемов горных пород на этапах разработки месторождения в системе программного комплекса трехмерного горно-геологического моделирования «Micromine».

Методология. Для моделирования изменений объемов горных пород на этапах разработки месторождения было создано трехмерную горно-геологическую модель Мотроновско-Анновского участка Малышевской россыпи по данным геологоразведочных скважин с применением программного комплекса горно-геологического моделирования «Micromine».

Результаты исследования. Проведенные исследования позволили провести анализ распределения полезных ископаемых в пределах контура запасов россыпи. При этом четко прослеживается классическая система накопления минералов (ильменит, рутил, циркон) с максимальным содержанием рудных минералов по центральной части россыпи - 5 - 7% по периферии - 2 - 4%. Проведенный горно-геометрический анализ карьерного поля позволил разработать календарный план отработки месторождения за первые семь лет с учетом проектной мощности горнотранспортного оборудования при горно-капитальных работах и при проведении вскрышных работ. Кроме этого с помощью трехмерной геологической модели месторождения установлено содержание основных добываемых материалов: ильменит, рутил, циркон.

Научная новизна. Обоснованы объемы горных пород на этапах разработки месторождения. Установлена зависимость коэффициента вскрыши по годам разработки Мотроновско-Анновского участка Малышевской россыпи.

Практическое значение. Полученные результаты необходимы для установления закономерностей колебаний содержания полезных компонентов в рудных песках; проведения оперативного подсчета запасов и оценки объемов руды и вскрышных пород по годам разработки месторождения; ведения непрерывного планирования и корректировки горных работ, создания цифровых планов горных работ.

Ключевые слова: *трехмерная геологическая модель месторождения, карьер, рудные пески, вскрышные породы, коэффициент вскрыши.*

ABSTRACT

Purpose. Creation of a digital three-dimensional geological model of the Motronivsko-Annivska section of the Malyshevsky placer for mining and geometric analysis of rock volumes changes at the field development stages by using complex of three-dimensional mining and geological modeling software "Micromine".

Research methodology. To model the changes in rock volumes at the stages of field development, a three-dimensional mining and geological model of the Motronivsko-Annivska section of the

Malyshevsky placer was created according to geological exploration wells using the software complex of mining and geological modeling "Micromine".

Results of the research. The conducted researches allowed to carry out the analysis of distribution of mineral within a contour of placer stocks. The classical system of mineral accumulation (ilmenite, rutile, zircon) is clearly traced with the maximum content of ore minerals in the central part of the placer - 5–7% on the periphery - 2–4%. The conducted mining and geometric analysis of the quarry field allowed to develop a calendar plan for the development of the field for the first seven years, taking into account the design capacity of mining equipment during mining and capital works and during overburden excavation works. In addition, with the help of a three-dimensional geological model of the deposit, the content of the main extracted materials was established: ilmenite, rutile, zircon.

Scientific novelty. Substantiated volumes of rocks at the stages of field development. The dependence of the opening coefficient on the years of development of the Motronivsko-Annivsky section of the Malyshevsky placer is established.

Practical value. The obtained results are necessary for establishing the regularities of fluctuations in the content of useful components in ore sands; conducting operative calculation of reserves and estimation of volumes of ore sands and overburden rocks by years of field development; conducting continuous planning and adjustment of mining operations, creation of digital plans of mining operations.

Keywords: *three-dimensional geological model of the deposit, quarry, ore sands, overburden, overburden coefficient.*