



ПРОЦЕНКО А.В. (Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Москва, Россия)

БАЙРОВ Ж.Б. (Товарищество с ограниченной ответственностью «МАЙКРОМАЙН Центральная Азия», Алматы, Казахстан)

ФЕДОТОВ Г.С. (Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Москва, Россия)

ЗАРТЕНОВА Л.Г. (Товарищество с ограниченной ответственностью «Корпорация Казахмыс», Караганда, Казахстан)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МЕТОДИКЕ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ MICROMINE

Применение горно-геологических информационных систем получает все большее распространение на современных горных предприятиях, поэтому грамотное использование функционала программных комплексов и разработка соответствующих методик является очень важной и актуальной проблемой. В статье описана методика среднесрочного планирования подземных горных работ на примере меднорудного месторождения с камерно-столбовой системой отработки в горно-геологической информационной системе Micromine. Особое внимание уделено учету различных экономических показателей при определении последовательности и технологии отработки месторождения. Представлен перечень необходимых данных для реализации данной методики при планировании подземных горных работ в программном продукте Micromine. Использование предлагаемой методики позволяет на этапе планирования определить основные технико-экономические показатели, а также оценить эффективность выбранного направления ведения горных работ. В статье приводятся иллюстрации результатов работы разработанной методики, а также представлены примеры отчетной документации в горно-геологической информационной системе Micromine.

Ключевые слова: горно-геологическая информационная система, Micromine, планирование, экономические показатели, рудник, оптимизация, организация производства

Планирование – это процесс подготовки управленческого решения о порядке ведения работ в пространстве и времени, основанный на использовании эффективных методов комплексного анализа текущих сведений о положении горных работ, геологических данных и имеющихся ресурсах, с целью достижения ключевых показателей, обеспечения максимальной прибыли и минимальных затрат в рамках утвержденного проекта [1].

Применение горно-геологических информационных систем (ГГИС) при текущем и оперативном планировании горных работ позволяет на основе цифровой модели месторождения, которая включает в себя блочную модель рудного тела с содержанием полезного компонента, а также каркасы проектных и фактических горных выработок, планировать проходческие и очистные работы на основании

заданных экономических параметров. Определяющими факторами при этом, как правило, являются объемы добычи, содержание металлов, производительность ресурсов и другие горно-геологические и технологические параметры.

При планировании в среднесрочной и долгосрочной перспективе необходимо рассматривать экономические показатели (производственная себестоимость по основным переделам, доход и т.д.) и их оптимизацию как основу разработки и принятия программ развития. В этом случае стоимостные показатели в информационной модели горного плана должны определяться в виде функциональных зависимостей, учитывающих такие факторы, как время, конъюнктура рынка, ввод или вывод технологических мощностей и другое.

В программном обеспечении Micromine (ПО Micromine) на базе выполнения ряда проектов по проектированию и среднесрочному планированию для горнодобывающих предприятий с подземной разработкой медных месторождений разработана методика, обеспечивающая требуемый уровень точности учета экономических факторов и расчета стоимостных показателей.

Формирование плана горных работ на период более года осуществляется с разбивкой по месяцам, но содержание работ в рамках месяца имеет более глубокую детализацию и включает все основные технологические операции, точную привязку к месту ведения работ, учитывает все технологические ограничения применяемой системы отработки.

Один из проектов выполнен для месторождения, включающего в себя несколько рудопроявлений. Рудные залежи представлены пластовыми, ленточными и линзовидными телами с весьма изменчивой мощностью и неравномерным распределением полезных компонентов.

Согласно утвержденному проекту на месторождении используется камерно-столбовая система отработки.

Для разработки плана развития горных работ в качестве исходных данных были приняты (рис. 1):

– геологическая модель ресурсов, актуализированная с учетом данных рудного контроля;

– маркшейдерский факт горных выработок;

– запланированные участки по проходке и добыче.

Алгоритм планирования представляет собой последовательность стандартных действий, выполняемых горным инженером в ПО Micromine. С использованием инструментов Горного модуля строятся каркасы проходческих выработок и добычных камер согласно принятым проектом параметрам и нормам по объемам работ и сечений, добычных камер и проходческих выработок (сечение выработок 20×20 м).

На этом этапе каждой выработке присваиваются номер, тип и наименование согласно проекту отработки месторождения (рис. 2).

С использованием модуля Каркасного моделирования для каждой камеры и проходческой выработки вычисляются и автоматически присваиваются значения показателей по содержанию добываемых компонентов в руде, объему, тоннажу балансовой и товарной руд, объему металлов и другое. Вычисленные значения могут быть использованы для анализа и принятия промежуточных решений (рис. 3).

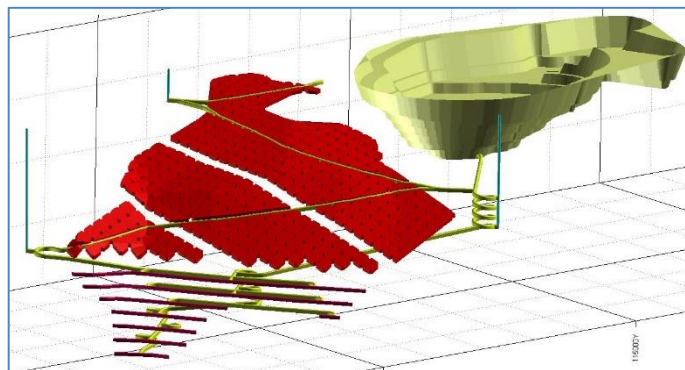


Рис. 1. Трехмерная модель рудника

Свойства	
Каркас: Без имени (ПАНЕЛЬ_3 КАМ6_РА34)	
Тип	ПАНЕЛЬ_3
Имя	КАМ6_РА34
Заголовок	
Код	
ЦВЕТ	255; 0; 0
CU_LOW_ОБЪЕМ	1276.993167
CU_LOW_ТОННАЖ	3320.182235
CU_LOW_СОДЕРЖАНИЕ	0.577326
CU_LOW_МЕТАЛЛ	19.168282
CU_ТОННАЖ	3335.614993
CU_ОБЪЕМ	1282.928843
CU_ПЛОТНОСТЬ	2.6
CU_СОДЕРЖАНИЕ	0.57493
CU_МЕТАЛЛ	19.262931
CU_MEDIUM_ТОННАЖ	15.432758
CU_MEDIUM_ОБЪЕМ	5.935676
CU_MEDIUM_СОДЕРЖАНИЕ	0.613299
CU_MEDIUM_МЕТАЛЛ	0.094649
CU_HIGH_ТОННАЖ	0.000000
CU_HIGH_ОБЪЕМ	0.000000
CU_HIGH_МЕТАЛЛ	0.000000
CU_HIGH_СОДЕРЖАНИЕ	0.000000

Рис. 2. Свойства каркаса добычной камеры

ТИП	КАМ	КАМ_КАТ	КАТЕГОРИЯ	МАТЕРИАЛ	ОБЪЕМ	ТОННАЖ	ПЛОТНОСТЬ	CU_IPD (%)	M_CU_IPD (%)	PB_IPD (%)	M_PB_IPD (%)	ZN_IPD (%)	M_ZN_IPD (%)
МАТЕРИАЛ				CU	25197.92	65514.60	2.60	1.194	781.953	0.001	0.328	0.001	0.328
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA38		МАТЕРИАЛ	CU	1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA38		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA38		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA38		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA38		ВСЕГО		1506.54	3917.01	2.60	2.896	113.428	0.001	0.020	0.001	0.020
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA37		МАТЕРИАЛ	CU	1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA37		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA37		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA37		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA37		ВСЕГО		1423.38	3700.79	2.60	2.943	108.902	0.001	0.019	0.001	0.019
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA36		МАТЕРИАЛ	CU	1362.52	3542.56	2.60	1.449	51.344	0.001	0.018	0.001	0.018
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA36		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	48.63	126.44	2.60	0.573	0.725	0.001	0.001	0.001	0.001
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA36		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	236.37	614.57	2.60	0.856	5.259	0.001	0.003	0.001	0.003
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA36		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	1077.52	2801.55	2.60	1.619	45.361	0.001	0.014	0.001	0.014
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA36		ВСЕГО		1362.52	3542.56	2.60	1.449	51.344	0.001	0.018	0.001	0.018
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA35		МАТЕРИАЛ	CU	1309.96	3405.91	2.60	0.580	19.739	0.000	0.017	0.000	0.017
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA35		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	1289.60	3352.96	2.60	0.578	19.395	0.001	0.017	0.001	0.017
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA35		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	20.37	52.95	2.60	0.650	0.344	0.001	0.000	0.001	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA35		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA35		ВСЕГО		1309.96	3405.91	2.60	0.580	19.739	0.000	0.017	0.000	0.017
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA34		МАТЕРИАЛ	CU	1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA34		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA34		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA34		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA34		ВСЕГО		1236.71	3215.45	2.60	0.576	18.528	0.001	0.016	0.001	0.016
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA33		МАТЕРИАЛ	CU	906.17	2356.03	2.60	0.620	14.601	0.000	0.012	0.000	0.012
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA33		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	279.05	725.52	2.60	0.575	4.171	0.000	0.004	0.000	0.004
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA33		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	627.12	1630.51	2.60	0.640	10.430	0.001	0.008	0.001	0.008
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA33		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA33		ВСЕГО		906.17	2356.03	2.60	0.620	14.601	0.000	0.012	0.000	0.012
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA32		МАТЕРИАЛ	CU	1053.16	2738.21	2.60	0.651	17.820	0.001	0.014	0.001	0.014
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA32		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	97.85	254.41	2.60	0.568	1.446	0.001	0.001	0.001	0.001
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA32		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	955.31	2483.80	2.60	0.659	16.374	0.001	0.012	0.001	0.012
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA32		МАТЕРИАЛ	CU_HIGH	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA32		ВСЕГО		1053.16	2738.21	2.60	0.651	17.820	0.001	0.014	0.001	0.014
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA31		МАТЕРИАЛ	CU	846.85	2201.82	2.60	0.711	15.648	0.001	0.011	0.001	0.011
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA31		МАТЕРИАЛ	CU_LOW	9.12	24.23	2.60	0.529	0.126	0.000	0.000	0.000	0.000
ПАНЕЛЬ_3	KAM7_PA31		МАТЕРИАЛ	CU_MEDIUM	822.16	2157.61	2.60	0.707	15.120	0.001	0.011	0.001	0.011

Рис. 3. Отчет по тоннажу и содержанию для выработки

Следующий этап подготовки данных выполняется в модуле Планировщик, где горный инженер вручную или автоматически с учетом ограничений применяе-

мой системы отработки формирует последовательность проходки выработок, отработки камер и других работ, рассматриваемых в рамках планирования.

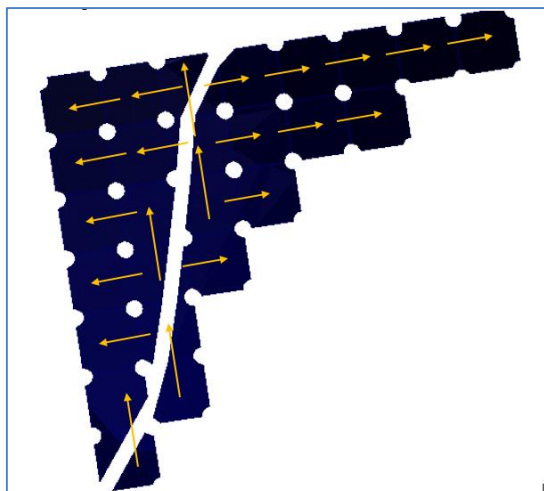


Рис. 4. Горизонтальная последовательность в границах одной панели



Построение последовательностей охватывает как горизонтальные (рис. 4), так и вертикальные перемещения фронта работ (горизонтальные – последовательности камер в границах отрабатываемой панели, вертикальные – переход с одного горизонта на другой). При этом обязательным условием является не только соблюдение технологических ограничений. Также учитываются требования обеспечения безопасных условий ведения работ, согласованность с другими планами по обновлению и пополнению парка техники, подготовке вентиляции, энергообеспечения и других необходимых коммуникаций.

В построенные последовательности должны быть включены все подлежащие отработке камеры и выработки. Таким образом, в плане работ исключается возможность отработки элемента, если не завершена отработка предыдущего, если этого требует проект, технологический регламент или какое-либо другое ограничение. Для среднесрочного или долгосрочного планирования такой детализации достаточно. При изменении очередности, включении или исключении элементов происходит автоматический пересчет продолжительности ведения работ и, следовательно, сдвиг сроков отработки всех последующих элементов, логически и технически связанных с измененными элементами/элементом. При планировании в рамках меньших временных горизонтов горный инженер может управлять датой начала отработки структурного элемента, количеством горного оборудования на участке/горизонте ведения горных работ, а также его расстановкой и производительностью.

Для обеспечения автоматического вычисления плановых показателей на следующем этапе выбираются и/или создаются атрибуты задач (объем, тоннаж, потери, разубоживание и т.д.). Другими словами, происходит увязка ранее присвоенных атрибутов каркасов с атрибутами в модуле Планировщик.

ПО Micromine позволяет использовать для оценки и оптимизации плана горных работ экономические показатели, такие как постоянные и переменные затраты по переделам (добыча, ГПР, обогащение, металлургия, реализация, транспортировка), производственная прибыль, доход от реализации, чистая прибыль и т.д. Для этого должны быть созданы соответствующие атрибуты и заданы алгоритмы для их вычисления (рис. 5).

Для вычисления показателя, например себестоимости ГПР, должна быть задана соответствующая функциональная зависимость (формула). Для этого можно использовать накопленные статистические данные, такие как данные бюджетов прошлых лет, бухгалтерская отчетность, отчеты по реализации и т.п. Если собственных данных в компании нет, можно использовать отчетности других компаний, использующих аналогичные системы отработки. Кроме того, может быть задана принятая априори формула вычисления. Для каждого показателя можно определить условия, по которым применяется определенный алгоритм вычисления. Чтобы получить вычисленную оценку по каждой камере или выработке, в функциональную зависимость должны быть включены в качестве аргументов атрибуты камер (рис. 6).

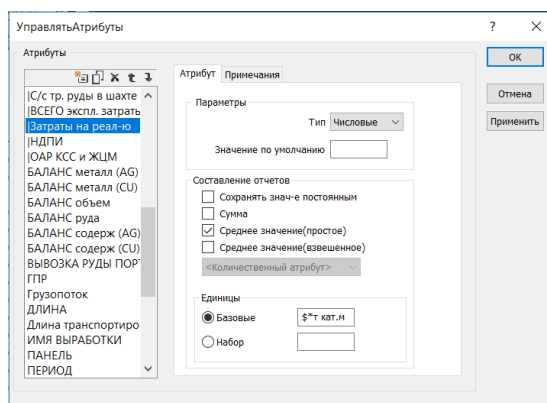


Рис. 5. Создание и управление атрибутами задач

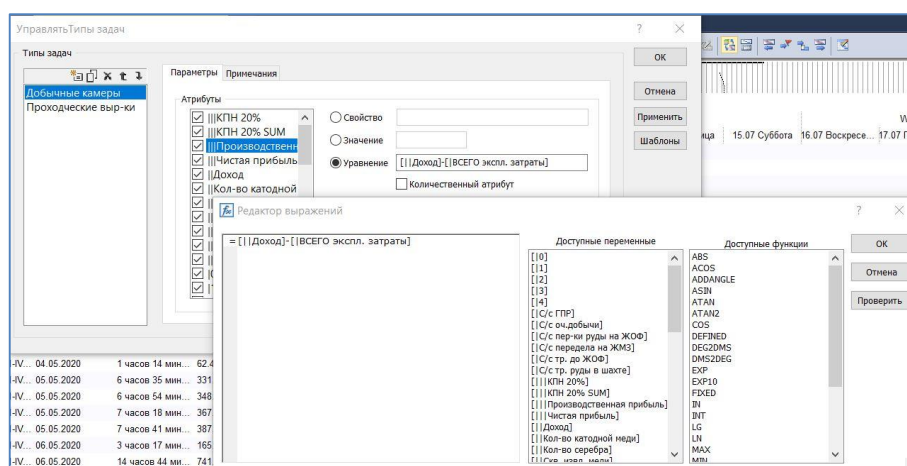


Рис. 6. Настройка атрибутов задач

Настройки атрибутов и параметров оптимизации календарного плана могут быть сохранены в Формах и в последующем использованы в качестве готовых шаблонов для других проектов. Это значительно упрощает и ускоряет выполнение наиболее трудоемкого и сложного этапа планирования.

Завершающим этапом является оптимизация календарного плана. На данном этапе задаются целевые показатели. Как правило, это производительность и содержание полезного компонента в товарной руде. При среднесрочном планировании в качестве целевого показателя можно указать например чистую прибыль. Однако пользователь может вы-

брать любой ранее заданный атрибут в зависимости от поставленных задач. Показатели вычисляются по каждой структурной единице, и с учетом заданных ограничений осуществляется процедура оптимизации и перераспределения последовательностей автоматически сформированного календарного плана. Для этого необходимо определить соответствующие настройки календаря, указать рабочие и нерабочие дни, начальные даты работ, период времени, соответствующий шагу построения календарного плана, ограничения по задачам. Как результат, программа распределяет ресурсы равномерно для выполнения текущих плановых показателей (рис. 7).

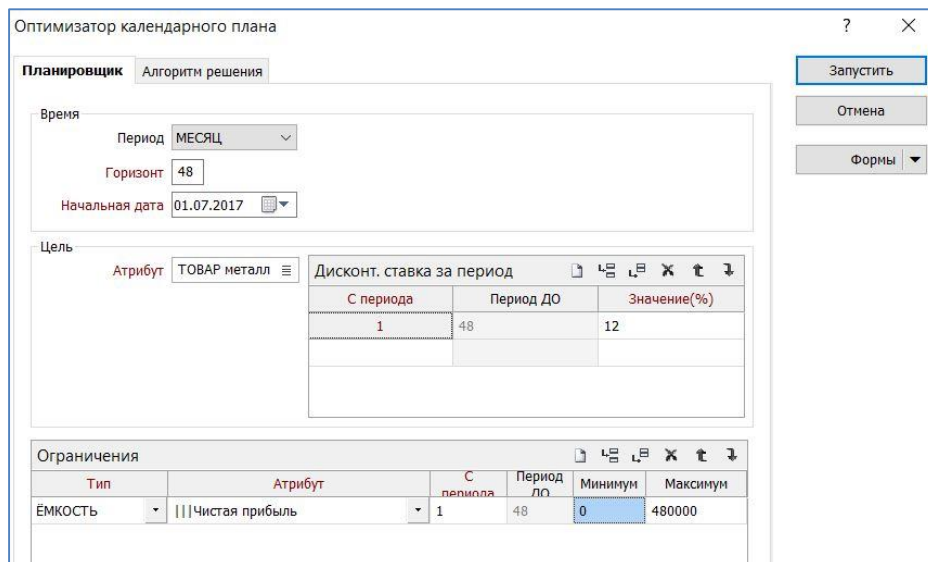


Рис. 7. Определение целевого показателя Чистая прибыль

Благодаря наличию различных опций отчетности, включая пространственные и временные рамки, интегрированный анимированный 3D просмотр последовательности отработки, отображения отчетности в режиме реального времени и схем зависимости в окне диаграммы Ганта, горный инженер имеет возможность проанализировать и быстро оценить

результаты планирования. При получении неудовлетворительных результатов процедура планирования может быть многократно повторена с необходимыми корректировками с помощью инструментов настроек задач, атрибутов и ограничений (рис. 8).

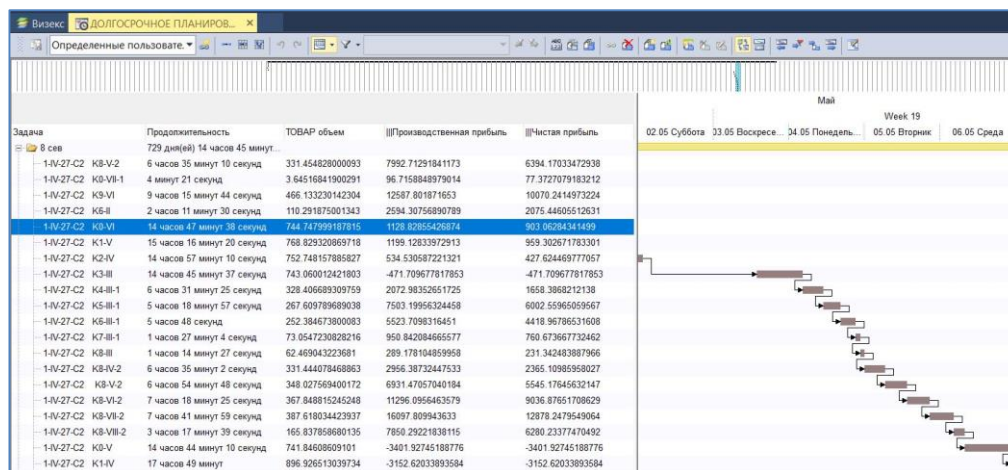


Рис. 8. Планограмма ведения горных работ по месяцам в ПО Micromine

Однако следует учитывать, что эффективная оптимизация планирования горных работ возможна только при наличии единого геоинформационного пространства, включающего постоянно уточняемую по мере отработки геологическую

модель рудника, маркшейдерскую информацию, состав и состояние горно-транспортного оборудования, экономические показатели и т.д. Такой подход призван поддерживать процессы интеграции методов планирования в корпоративную



горно-геологическую систему информационной поддержки разработки рудника. Кроме того, это дает возможность на всем протяжении деятельности производства осуществлять оперативное пополнение данных, формирование горно-графической документации, согласованное взаимодействие между подразделениями в режиме безбумажной технологии, а также получение в автоматизированном режиме достаточного количества справочных и аналитических сводок, отражающих текущее состояние всех технологических переделов, достигнутые в их работе темпы и динамику с учетом использованных ресурсов [2, 13–21].

В заключение можно сказать, что преимуществом разработанной методики является обеспечение возможности на стадии горного планирования и проектирования определить основные технико-экономические показатели и дать детализированную оценку целесообразности отработки включенных в план камер и блоков. Это позволяет уменьшить расхождения с результатами финансовых планов и гарантировать реалистичность и исполнимость принимаемых планов за счет достаточной детализации используемой информационной модели месторождения [3–12].

Библиографический список

1. Капутин Ю.Э. Системы контроля содержания (Grade control) на горных предприятиях / Ю.Э. Капутин. – СПб.: Недра, 2012. – 330 с.
2. Проценко А.В., Байров Ж.Б., Зартенова Л.Г., Проценко Н.В. Алгоритм оперативного планирования на рудниках с использованием ПО MICROMINE. Экономика и управление в XXI веке: Тенденции развития / Сборник материалов XXXVII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2017. – С. 143-149
3. Проценко А.В., Зартенова Л.Г. Внедрение современных технологий в планирование горных работ в ТОО «Корпорация Казахмыс», Республика Казахстан // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: сб. матер.

- 11 Междунар. науч. школы молодых ученых и специалистов. – М.: ИПКОН РАН, 2014 г. – С. 337-340.
4. Официальный сайт Micromine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.micromine.ru/micromine-mining-software> (дата обращения: 01.05.2018).
5. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров) – СПб.: Недра, 2004 г. – 334 стр.
6. Капутин Ю. Е. Повышение эффективности управления минеральными ресурсами горной компании (геологические аспекты). СПб.: Недра, 2013. – 246 с.
7. Rendu, J.M. 2014. An introduction to cut-off grade estimation. Second edition (SME). 159 P.
8. Poniewierski, J, 2016. Negatively Geared Ore Reserves – A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade. (PROJECT EVALUATION 2016 / Adelaide, SA, 8–9 March 2016): Pp. 1–12.
9. Jack de la Vergne 2014. Hard Rock Miner's Handbook. Edition 5. 314 p.
10. John Chadwick April 2017. International mining. Tomorrow's underground mine. Pp. 10-28
11. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений – М.: Горная книга, 2013 г. – 517 с.
12. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений – М.: Горная книга, 2012 г. – 344 с.
13. Гурская Т.В., Красавин А.В., Федорова С.В., Худяков П.Ю. Практико-ориентированный подход в подготовке инженеров для горнодобывающих предприятий. – М.: Горный журнал, 2018. – № 2. – С. 97-103.
14. Yang, W., Zhang, M., Mao, K. Digitizing and three-dimensional model establishment for Ereen gold ore deposit in Mandal Soum, Selenge Province, Mongolia (2017) Journal of Mines, Metals and Fuels, 65 (11), pp. 610-616.
15. Васильева М.А., Катков С.М. Прогнозирование зон возможной тектонической нарушенности по прочностным показателям пород на базе программного обеспечения Micromine. – М.: Горный журнал, 2017. – № 7. – С. 88-91.
16. Liu L., Cao W. Computational 3D modeling on deep structure architecture and implication for ore exploration in the Tongguanshan ore field, Tongling, China (2016) Geotectonica et Metallogenia, 40 (5), pp. 928-938.
17. Кузнецов Ю.Н., Стадник Д.А., Стадник Н.М., Курцев Б.В. Автоматизированное распознавание геоструктур пластовых месторождений. – М.: Горный журнал, 2016. – № 2. – С. 86-91.



18. Chen J., Tang J., Cong Y., Dong Q., Hao J. Geological characteristics and metallogenic model in the yulong porphyry copper deposit, East Tibet (2009) *Acta Geologica Sinica*, 83 (12), pp. 1887-1900.

19. Feng, X.-L., Wang, L.-G., Bi, L. Compartmentation cavability evaluation model of ore body (2009) *Yantu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 31 (4), pp. 584-588.

20. Wang, L.-M., Chen, J.-P., Tang, J.-X. 3D positioning and quantitative prediction of Yulong porphyry copper deposit, Tibet, China based on

digital mineral deposit model (2010) *Geological Bulletin of China*, 29 (4), pp. 565-570.

21. Harcus, M. *Micromine at Minexpo* (2012) *Mining Magazine*, 204 (6), pp. 22-25.

22. Li, R., Wang, G., Zhu, Y., Qu, J. Three dimensional quantitative extraction and integration for geosciences information: A case study of Nannihu Mo deposit area (2014) *Proceedings of the 16th International Association for Mathematical Geosciences - Geostatistical and Geospatial Approaches for the Characterization of Natural Resources in the Environment: Challenges, Processes and Strategies, IAMG 2014*, pp. 445-447.

“Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2018, No. 2, pp. 60-67

Title:	USING ECONOMIC INDICATORS IN MEDIUM-TERM MINING PLANNING IN MICROMINE MINING AND GEOLOGICAL INFORMATION SYSTEM
Author 1:	Name & Surname: A.V. Protsenko Company: National University of Science and Technology "MISiS" Address: 4, Leninsky Prospekt, Moscow, Russia, 119991
Author 2:	Name & Surname: J.B. Byyrov Company: Property of companies with state participation (without foreign participation) "Micromine Central Asia" Address: 97/A, Ascarova str., Adhesion, Medeus distr., Almaty, The Republic of Kazakhstan, 050059
Author 3:	Name & Surname: G.S. Fedotov Company: National University of Science and Technology "MISiS" Address: 4, Leninsky Prospekt, Moscow, Russia, 119991
Author 4:	Name & Surname: L.G. Zartenova Company: Property of companies with state participation "Kazakhmys Corporation" Address: 12, Lenin str., distr. named after Kazybek B.I., Karaganda, , The Republic of Kazakhstan, 100012
DOI:	10.17073/2500-0632-2018-2-60-67
Abstract:	Mining and geological information systems find growing application at modern mining enterprises, therefore, competent use of the software system functionality and development of appropriate techniques is very important and urgent issue. The paper describes the technique for medium-term planning of underground mining using the example of a copper deposit with applying room-and-pillar mining method in the Micromine mining and geological information system. Special attention is paid to taking into account various economic indicators when determining the sequence and methods of the deposit development. A list of data required for implementation of this technique when planning underground mining in the Micromine software product is presented. The use of the proposed technique allows at the planning stage to determine the main technical and economic indicators, as well as assess effectiveness of the selected direction of mining. The paper provides illustrations of the results of applying the developed technique, as well as examples of reporting documentation in the Micromine mining and geological information system.
Keywords:	mining and geological information system, Micromine, planning, economic performance, mine, optimization, production organization.
References:	1. Kaputin Yu.Eh. <i>Sistemy kontrolya soder-zhanij (Grade control) na gornyh predpriyatiyah [Content control systems (Grade control) in mining enterprises]</i> . St. Petersburg, Nedra, 2012, 330 p.



2. Procenko A.V., Bajrov ZH.B., Zartenova L.G., Procenko N.V. Algoritm operativnogo planirovaniya na rudnikah s ispol'zovaniem PO MICROMINE. EHkonomika i upravlenie v XXI veke: Tendencii razvitiya. [Algorithm for operational planning at mines using MICROMINE software. Economics and Management in the 21st Century: Development Trends]. Sbornik materialov XXXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Coll. of mater. of the XXXVII Int. Sci. and Pract. Conf.]. Novosibirsk, LLC "Center for the Development of Scientific Cooperation", 2017, pp. 143-149.
3. Procenko A.V., Zartenova L.G. Vnedrenie sovremennykh tekhnologiy v planirovanie gornyh rabot v TOO "Korporaciya Kazahmys", Respublika Kazahstan [Introduction of modern technologies in mining planning in "Kazakhmys Corporation" LLP, Republic of Kazakhstan]. Problemy osvoeniya nedr v HKHI veke glazami molodyh: sb. mater. 11 Mezhdunar. nauch. shkoly molodyh uchenyh i specialistov [Problems of subsoil development in the 21st century through the eyes of young people: Sat. mater. 11 Intern. sci. schools of young scientists and specialists]. Moscow: IPKON RAN, 2014, pp. 337-340.
4. <http://www.micromine.ru/micromine-mining-software> (Date of circulation: 01/05/2018).
5. Kaputin Yu.E. Informacionnye tekhnologii planirovaniya gornyh rabot (dlya gornyh inzhenerov) [Information technologies of mining planning (for mining engineers)] St. Petersburg, Nedra, 2004, 334 p.
6. Kaputin Yu.E. Povyshenie ehffektivnosti upravleniya mineral'nymi resursami gornoj kompanii (geologicheskie aspekty) [Improving the management efficiency of mineral resources of the mining company (geological aspects)]. St. Petersburg, Nedra, 2013, 246 p.
7. Rendu J.M. 2014. An introduction to cut-off grade estimation. Second edition (SME). 159 p.
8. Poniewierski J, Negatively Geared Ore Reserves A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade. (PROJECT EVALUATION2016) ADELAIDE, SA, 8–9 MARCH 2016), pp. 1–12.
9. Jack de la Vergne. Hard Rock Miner's Handbook, Edition 5, 2014, 314 p.
10. John Chadwick April International mining. Tomorrow's underground mine, 2017, pp. 10-28.
11. Lomonosov G.G. Proizvodstvennye processy podzemnoj razrabotki rudnyh mestorozhdenij [Production processes of underground mining of ore deposits]. Moscow, Gornaya kniga [Mining Book], 2013, 517 p.
12. Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V. Kombinirovannaya razrabotka rudnyh mestorozhdenij [Combined mining of ore deposits] Moscow, Gornaya kniga [Mining Book], 344 p.
13. Gurskaya, T.V., Krasavin, A.V., Fedorova, S.V., Khudyakov, P.Yu. Praktiko-orientirovannyj podhod v podgotovke inzhenerov dlya gornodobyvayushchih predpriyat [Practice-oriented approach to mining engineer training]. Moscow, Gornyi Zhurnal, 2018, No. 2, pp. 97-103.
14. Yang W., Zhang M., Mao K. Digitizing and three-dimensional model establishment for Ereen gold ore deposit in Mandal Soum, Selenge Province, Mongolia (2017) Journal of Mines, Metals and Fuels, 65 (11), pp. 610-616.
15. Vasilieva, M.A., Katkov, S.M. Prognozirovanie zon vozmozhnoj tektonicheskoy narushennosti po prochnostnym pokazatelyam porod na baze programmno obespecheniya Micromine [Prediction of possible tectonic disturbance zones using rock mass strength characteristics in Micromine] Moscow, Gornyi Zhurnal, 2017, No. 7, pp. 88-91.
16. Liu, L., Cao, W. Computational 3D modeling on deep structure architecture and implication for ore exploration in the Tongguanshan ore field, Tongling, China. Geotectonica et Metallogenia, 2016, 40 (5), pp. 928-938.
17. Kuznetsov, Yu.N., Stadnik, D.A., Stadnik, N.M., Kurtsev, B.V. Avtomatizirovannoe raspoznavanie geostruktur plastovyh mestorozhdenij [Automatic



- recognition of the geostructures in the sheet deposits]* Moscow, Gornyi Zhurnal, 2016, No. 2, pp. 86-91.
18. Chen J., Tang J., Cong Y., Dong Q., Hao J. *Geological characteristics and metallogenic model in the yulong porphyry copper deposit, East Tibet*. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (12), pp. 1887-1900.
19. Feng, X.-L., Wang, L.-G., Bi, L. *Compartmentation cavability evaluation model of ore body*. Yantu Gongcheng Xuebao, Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2009, 31(4), pp. 584-588.
20. Wang, L.-M., Chen, J.-P., Tang, J.-X. *3D positioning and quantitative prediction of Yulong porphyry copper deposit, Tibet, China based on digital mineral deposit model*. Geological Bulletin of China, 2010, 29 (4), pp. 565-570.
21. Marcus M. *Micromine at Minexpo* Mining Magazine, 2012, 204 (6), pp. 22-25.
22. Li R., Wang G., Zhu Y., Qu J. *Three dimensional quantitative extraction and integration for geosciences information: A case study of Nannihu Mo deposit area*. Proc. of the 16th Int. Association for Math. Geosci.-Geostat. and Geospatial Approaches for the Characterization of Natural Resources in the Environment: Challenges, Processes and Strategies, IAMG 2014, pp. 445-447