Information technology

Оригинальная статья / Original Paper

https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-3-52-60

# Цифровой карьер: использование горно-геологической информационной системы при планировании горных работ

Р.И. Исмагилов¹⊠, А.В. Гриник¹, А.И. Догадин², В.М. Мельников³, А.Г. Лебедев⁴, А.М. Шмонов⁴, А.В. Герасимов<sup>5</sup>, С.Г. Кабелко<sup>5</sup>, Т.Н. Невлютов<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», г. Москва, Российская Федерация <sup>2</sup> АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», г. Железногорск, Российская Федерация <sup>3</sup> АО «Лебединский ГОК», г. Губкин, Российская Федерация <sup>4</sup> ООО «Дассо Систем», г. Москва, Российская Федерация <sup>5</sup>000 «ГЕОМИКС», г. Москва, Российская Федерация <sup>6</sup> ООО «Майкромайн Рус», г. Москва, Российская Федерация ⊠ r.ismagilov@metalloinvest.com

Резюме: Разработка планов развития горных работ добывающих предприятий черной и цветной металлургии – процесс трудоемкий и творческий, требующий высоких компетенций специалистов, особенно при ручном планировании, при котором достаточно сложно оценить влияние решений, принимаемых здесь и сейчас, на перспективу развития предприятия. Использование горно-геологических систем в планировании дает возможность смоделировать и оценить множество различных вариантов развития горных работ в сжатые сроки и с достаточно высокой достоверностью. Данные системы позволяют специалистам-планировщикам более взвешенно и корректно подходить к принятию решений, не боясь, что указанные решения могут привести к ухудшению состояния карьеров или шахт. В статье описывается процесс реализации проекта трансформации бизнес-процессов планирования горных работ с применением горно-геологической информационной системы от компании Dassault Systemes в группе компаний МЕТАЛЛОИНВЕСТ на примере горнодобывающих предприятий АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева» и АО «Лебединский ГОК».

Ключевые слова: горно-геологическая система, многовариантное планирование, горизонт планирования, единая геологическая база данных, компьютерное моделирование развала взрыва, распределения содержания полезных компо-

**Для цитирования:** Исмагилов Р.И., Гриник А.В., Догадин А.И., Мельников В.М., Лебедев А.Г., Шмонов А.М., Герасимов А.В., Кабелко С.Г., Невлютов Т.Н. Цифровой карьер: использование горно-геологической информационной системы при планировании горных работ. Горная промышленность. 2022;(3):52-60. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-3-52-60

# Digital open pit mine: utilization of mining and geological information system in mine planning

R.I. Ismagilov¹⊠, A.V. Grinik¹, A.I. Dogadin², V.M. Melnikov³, A.G. Lebedev⁴, A.M. Shmonov⁴, A.V. Gerasimov<sup>5</sup>, S.G. Kabelko<sup>5</sup>, T.N. Nevlyutov<sup>6</sup>

<sup>1</sup> METALLOINVEST MC LLC, Moscow, Russian Federation <sup>2</sup> Mikhailovsky GOK PAO, Zheleznogorsk, Russian Federation <sup>3</sup> Lebedinsky GOK PAO, Gubkin, Russian Federation <sup>4</sup> Dassault Systèmes LLC, Moscow, Russian Federation <sup>5</sup> Geomiks LLC, Moscow, Russian Federation <sup>6</sup> Micromine Rus LLC, Moscow, Russian Federation ⊠ r.ismagilov@metalloinvest.com

Abstract: Creation of mine development plans for mining operations in the ferrous and non-ferrous metals industry is a timeconsuming and creative process that requires high levels of specialist expertise, especially in manual planning, where it is quite difficult to assess the impact of decisions made hic et nunc on the future development of the company. Application of mining and geological systems in planning makes it possible to simulate and assess many different options in mine development within a short period time and with sufficiently high reliability. These systems allow planning specialists to make more informed and correct decisions without the fear that these decisions may lead to deterioration of open pits or mines. The article describes the course of project implementation to transform the business processes of mine planning using mining and geological information system by Dassault Systemes at the METALLOINVEST Group of Companies as exemplified by the Mikhailovsky GOK Lebedinsky

Keywords: mining and geological system, multivariate planning, planning time-frame, unified geological database, computer modelling of muck piles, distribution of mineral content in muck piles

For citation: Ismagilov R.I., Grinik A.V., Dogadin A.I., Melnikov V.M., Lebedev A.G., Shmonov A.M., Gerasimov A.V., Kabelko S.G., Nevlyutov T.N. Digital open pit mine: utilization of mining and geological information system in mine planning. Russian Mining Industry. 2022;(3):52-60. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-3-52-60



Исмагилов Ринат Иршатович директор горного дивизиона, ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»



Гриник Александр Викторович начальник управления перспективного планирования и мониторинга горных работ, ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»



Алексей Григорьевич ведущий горный инженер, ООО «Дассо Систем»



Шмонов Алексей Михайлович кандидат геологоминералогических наук, руководитель отдела внедрения горно-геологических проектов Сервисного департамента, ООО «Дассо Систем»



**Догадин** Алексей Иванович главный горняк, АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева»



Мельников Виталий Михайлович главный горняк АО «Лебединский ГОК»



Герасимов Андрей Владимирович кандидат технических наук, технический директор, ООО «ГЕОМИКС»



Кабелко Сергей Геннадьевич кандидат технических наук, руководитель сектора планирования, ООО «ГЕОМИКС»



Невлютов Тимур Наильевич директор по развитию бизнеса, ООО «Майкромайн Рус»

## Введение

В горной промышленности уровень конкурентоспособности предприятия определяется в первую очередь производительностью и эксплуатационным превосходством. Цифровизация становится определяющим фактором, который позволит горнодобывающим компаниям в будущем оставаться конкурентоспособными [1–3]. В течение следующих десяти лет эти процессы будут напрямую относиться и к деятельности в горной промышленности, и к сфере защиты окружающей среды. Однако уже сейчас очевидно, что современные технологии открывают новые возможности для значительного увеличения производительности. Ведущие мировые горнодобывающие компании инвестируют огромные средства в развитие и применение современных цифровых технологий.

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях России приобретает свою актуальность вопрос комплексного планирования горных работ с учётом технико-экономических показателей работы предприятия. Цель такого планирования состоит в максимизации чистой прибыли и возвращении инвестиций проекта с учётом всех ограничивающих горнотехнических факторов.

## Information technology

Руководящий и инженерный состав все больше проявляет заинтересованность в прикладных инструментах управления планированием горных работ на разных временных горизонтах. Большим преимуществом комплексного планирования являются прогнозирование и возможность управления техническими и экономическими рисками, что приводит к максимальной финансовой эффективности работы предприятия.

Сквозное интегрированное планирование открытых горных работ подразумевает создание общего цикла для всех горизонтов планирования (стратегического, тактического и оперативного) и обеспечение интерактивности между ними.

Недавние достижения в разработке программного обеспечения для стратегического планирования отработки месторождений открытым способом позволяют оптимизировать сложные проблемы добычи, связанные с комплексным и широким набором параметров и ограничений.

Такие программы одновременно оптимизируют последовательность добычи, выбор бортового содержания, количество необходимого горнодобывающего оборудования и капитальные затраты для максимизации чистого дисконтированного дохода по проекту или достижения корпоративных целей.

Эти современные методы должны быть приняты на стратегическом уровне или уровне срока жизнедеятельности рудника, чтобы обеспечить разработку полезных ископаемых самым доходным способом в рамках реальной практической добычи.

На горно-обогатительных комбинатах УК «МЕТАЛЛОИН-ВЕСТ» до перехода на специализированное программное обеспечение преобладало традиционное ручное планирование – это достаточно медленный процесс, особенно в случае работы с крупнейшими месторождениями Лебединского и Михайловского горно-обогатительных комбинатов. Цикл планирования обычно представлял собой прорисовку проекта положения горных работ на бумаге на один год, три года или максимум на пятилетку вперед. Данную прорисовку делали единичные опытные квалифицированные инженеры, отлично знающие свое производство.

Как правило, планы добычи строились на основе фиксированных объёмных и качественных показателей и стремились достичь основной цели, такой как плановая проектная загрузка обогатительного комплекса, при сохранении плавного распределения общей добычи и транспортировки горной массы, с учётом производительности предварительно определённого горнотранспортного комплекса.

План добычи затем использовался в качестве основы для расчётов рабочих часов и единиц оборудования. Из последних формировались вводные данные в модели затрат, которые вычисляют затраты на добычу и себестоимость. Процесс повторялся с различными вариантами общей добычи и транспортировки горной массы, последовательности операций или качественных показателей руды.

Весь процесс занимал значительное время, планы горных работ могли быть далеко не оптимальными с точки зрения экономических показателей и зависели от понимания горными инженерами структуры месторождения и наличия у инженеров собственного практического опыта.

Основными проблемными вопросами и недостатками при выполнении планов горных работ традиционным ручным способом являлись длительность формирования годовых, среднесрочных, долгосрочных планов развития горных работ, отсутствие альтернативных сценариев для сравнения и анализа и, как следствие, отсутствие возможностей оперативного принятия решения при изменениях внутренних или внешних условий.

Понимая, что эти вопросы требуют решения и с целью повышения эффективности производства на горнообогатительных предприятиях УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ» в 2018–2019 гг. компанией Dassault Systemes были проведены технические аудиты существующих систем планирования горных работ и связанных с ними процессов1. По результатам проведенных аудитов были подготовлены отчеты, содержащие анализ состояния исходных данных, а также готовности технической инфраструктуры, необходимой для внедрения горно-геологической информационной системы (ГГИС) GEOVIA на объектах АО «Лебединский ГОК» (ЛГОК) и АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева» (МГОК), для решения задач геологического и маркшейдерского обеспечения горных работ, а также планирования горных работ.

Основополагающими целями внедрения системы являются повышение производительности горнодобывающих предприятий и снижение себестоимости горных работ за счет повышения качества планирования и точности проектирования.

Основными ожидаемыми результатами при внедрении ГГИС являются: повышение достоверности и прозрачности принятых решений в части планирования горных работ; многовариантное планирование; всесторонняя обоснованность принятия решений; повышение безопасности ведения горных работ за счет точности проектирования; рост производительности труда инженерно-технического персонала.

## Проект внедрения горно-геологической информационной системы

Проект внедрения системы ГГИС стартовал во второй половине 2020 г. Длительность проекта рассчитана на два года. Проектом предусмотрена реализация пяти фаз. Функционирование горно-геологической информационной системы будет осуществляться на базе ПО компании Dassault Systemes (GEOVIA Surpac, GEOVIA MineSched, GEOVIA Whittle и 3DEXPERIENCE Platform).

Первая фаза была завершена в конце 2020 г. и включала в себя проведение аудита бизнес-процессов на предприятиях АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», АО «Лебединский ГОК» и УК МЕТАЛЛОИНВЕСТ с целью подготовки и согласования проектных решений на внедрение системы ГГИС, а также проработки организационных изменений в компании. По результатам совместной работы между специалистами Dassault Systemes, обоих комбинатов и управляющей компании МЕТАЛЛОИНВЕСТ были унифицированы процессы планирования на комбинатах, выделены группы специалистов, выполняющих краткосрочное планирование горных работ. Кроме того, в УК «МЕТАЛЛО-ИНВЕСТ» создано управление, занимающееся вопросами среднесрочного, долгосрочного и стратегического плани-

В начале 2021 г. стартовала вторая фаза проекта, в рамках которой было проведено масштабное обучение специалистов комбинатов и управляющей компании использованию внедряемых программных продуктов при формировании

Интегрированное планирование открытых горных работ. DassaultSystèmes. 2020. 26 мая. Режим доступа: https://blogs.3ds.com/russia/integrated-mining-

планов горных работ на разных горизонтах планирования. Всего обучено более 60 сотрудников и выдано более 80 сертификатов о прохождении обучения.

Дополнительно разработаны методики для стратегического и долгосрочного планирования, формы отчетности и инструкции. Кроме того, проводилось внедрение платформы управления бизнес-процессами и данными 3DEXPERIENCE, объединяющей программные продукты в единую систему.

Уже сейчас специалисты комбинатов и управляющей компании «МЕТАЛЛОИНВЕСТ» выполняют свою работу с использованием программных продуктов Dassault Systemes - GEOVIA MineSched и GEOVIA Surpac. В частности, в рамках краткосрочного планирования горных работ на горизонте до года специалистами комбинатов формируется сценарий развития горных работ на год, целью создания которого является получение направления отработки на каждый месяц с требуемыми объемно-качественными целевыми показателями. Годовой сценарий является основой для месячного планирования, так как именно на этом этапе специалист проектирует модель помесячного развития каждого фронта, анализирует динамику, выявляет риски и влияние отработки каждого месяца на динамику и ожидаемое положение на конец года.



Puc. 1 Распределение горной массы по классам материалов в блочной модели в GEOVIA MineSched

Fig. 1 Rock mass distribution by material class in the GEOVIA MineSched block model



Рис. 2 Полигоны отработки в GEOVIA Surpac

Fig. 2 Mining sites in GEOVIA Surpac

Специалист, формирующий сценарий развития горных работ, совместно со специалистами по направлениям разбивает в GEOVIA Surpac существующую поверхность трехлетнего периода, полученную от инженера по долгосрочному планированию, на зоны и отрисовывает полигоны отработки, руководствуясь принятыми проектными решениями по перспективному развитию. После этого приступает к работе в системе GEOVIA MineSched.

- Актуализированную блочную модель загружают в программу с последующей заверкой (рис. 1).
- Создают участки отработки в GEOVIA Surpac с указанием уже существующих полигонов и проектных долгосрочных поверхностей, которые являются ориентиром (рис. 2).
- Определяют пункты назначения (перегрузочные пункты, временные склады, отвалы, обогатительные фабрики и др.) и схему грузопотоков материалов по породам и содержанию полезного компонента в руде (рис. 3).
- Создают парк выемочного оборудования, т. е. экскаваторы с конкретной суточной производительностью в зависимости от марки машины (ЭКГ) и физико-механических свойств добываемого полезного ископаемого (рис. 4).
- Задают технологические параметры, такие как минимальная ширина рабочей площадки, количество уступов в одновременной работе, пространственные взаимоотношения участков (т. е. нижележащий

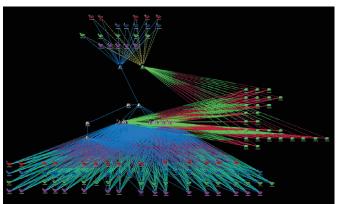


Рис. 3 Схема грузопотока горной массы в GEOVIA MineSched

Diagram of the rock mass flow in GEOVIA MineScheduled

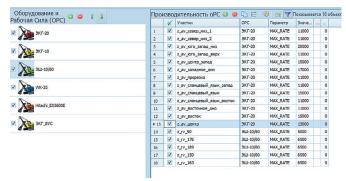


Рис. 4 Парк выемочного оборудования в GEOVIA MineSched

Mining equipment fleet in **GEOVIA MineSched** 

## Information technology

- горизонт будет включен в работу исключительно тогда, когда вышележащий будет отработан на безопасную ширину), коэффициенты вскрыши и разрыхления и др.
- После настройки всех параметров создают план. Но это не финальный этап. Проводят анализ результатов расчета, осуществляют настройку удовлетворительного направления и последовательности отработки для регулирования набора необходимого объема руды и вскрышных пород. Весь этот процесс называется «отладкой сценария», его продолжают до тех пор, пока не будут достигнуты необходимые объемно-качественные показатели.

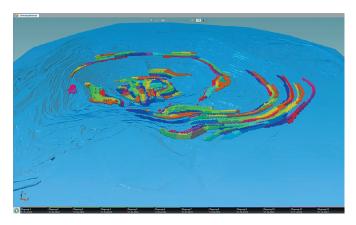


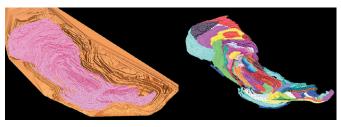
Рис. 5 Окно видеопоказа в GEOVIA MineSched

Fig. 5 Video visualization screen in GEOVIA MineSched

Результаты можно получить как в табличном виде, так и в графическом (рис. 5), которые будут использованы специалистами для месячного, более детального планирования.

Несколько отличен процесс среднесрочного и долгосрочного планирования, который включает в себя, в отличие от краткосрочного планирования, определение основных стратегических направлений ведения горных работ на среднесрочные и долгосрочные периоды с учётом целей и стратегии развития компании. Среднесрочный период планирования обычно составляет 3 года и, как правило, является частью долгосрочного плана развития горных работ на 5 и более лет. При разработке среднесрочного плана формируется сценарий развития горных работ с градацией по календарному периоду и с учётом достижения необходимых объёмно-качественных показателей в каждом периоде. Градация на периоды в сценарии при среднесрочном планировании задаётся как в соответствии с технологическими требованиями оборудования, так и с учётом сроков реализации проектов горно-капитального строительства. Как правило, в среднесрочном планировании отчётным периодом является один год.

Алгоритм процесса формирования сценария на среднесрочный и долгосрочный период аналогичен годовому и месячному планированию – в программном обеспечении GEOVIA Surpac блочная модель ограничивается цифровыми топографическими моделями относительно фактического положения горных работ и с учётом утверждённого проекта развития горных работ. Ограниченная блочная модель разбивается на зоны отработки. При этом учитывается ряд факторов, таких как – рудные и вскрышные зоны, зоны пород рыхлой и скальной вскрыши, зоны, готовые и не готовые к выемке, зоны, занятые инфраструктурными объектами (подземные выработки, путепроводы, постоянные автомобильные дороги, ж/д станции и ж/д перегоны, стационарные дробильно-конвейерные комплексы, тяговые и силовые стационарные подстанции и т.п.). В последующем при реализации сценариев при среднесрочном и долгосрочном планировании выделение вышеуказанных зон позволяет моделировать различные сценарии относительно включения или исключения данных зон из развития планов горных работ в различные временные периоды. Выделение зон с расположенными на них различными горно-капитальными объектами позволяет оперативно оценить значимость и влияние данных участков на развитие горных работ в долгосрочной перспективе (рис. 6).



Пример ограниченной блочной модели и выделения зон отработки карьера

An example of a limited block model and delineation of mining sites with in the open pit

После предварительной подготовки блочная модель интегрируется в программное обеспечение GEOVIA MineSched, где проводится анализ блочной модели в целом и отдельно по ранее выделенным участкам отработки, указываются атрибуты БМ, необходимые для расчётов, проверяется соответствие объёмов горной массы из БМ объёмам добычных зон, исключаются дублирование объёмов и возможные ошибки при создании участков отработки. Создаются участки отработки с назначением добычного оборудования (рис. 7).



Рис. 7 Извлечение атрибутов и заверка БМ в ПО MineSched

Fig. 7 Attribute extraction and block model verification in the MineSched software



Рис. 8 Пример выходных результатов ПО GEOVIA MineSched в табличном и графическом виде

Fig. 8 An example of GEOVIA MineSched output in both tabular and graphical views

Основными отличиями среднесрочного и долгосрочного планирования горных работ от годового и месячного являются определение основных направлений отработки и оптимизация соотношений объёмов вскрыши и полезного компонента. В связи с этими требованиями добычные участки не ограничиваются доступными и вскрытыми горизонтами, экскаваторный парк назначается на все участки одновременно единым добычным оборудованием с суточной производительностью, равной суммарной производительности всего экскаваторного парка карьера. Применение общей суточной производительности для всего карьера позволяет ПО GEOVIA MineSched самостоятельно определять приоритетные направления отработки и распределять интенсивность ведения горных работ по участкам карьера, при этом производится оптимизация направлений согласно заданным объёмно-качественным показателям.

При получении первых результатов в виде табличного материала и графического отображения (рис. 8) последовательности отработки проводится последующая отладка настроек сценария до получения удовлетворительных результатов в части соответствия отработки направлений, геометрической корректности и последовательности отработки горизонтов, для достижения требуемых объёмно-качественных показателей регулируется интенсивность заданной производительности добычного оборудования на отдельных участках карьера. Процесс отладки повторяется неоднократно до получения удовлетворительного результата.

При достижении заданных параметров из ПО GEOVIA MineSched производится выгрузка графических данных в виде полигонов по горизонтам и с разделением на периоды, графические данные интегрируются в ПО GEOVIA Surpac для последующего оформления в виде контуров плана горных работ с учётом транспортных схем карьера (рис. 9).

Результаты, полученные при разработке среднесрочного сценария развития горных работ на трёхлетний период, составляют основную структуру исходных данных для планирования годовой программы горных работ горно-обогатительными комбинатами.

Освоенные инструменты планирования позволяют автоматизировать все операции и рабочие процессы на предприятии, объединить системы моделирования различных уровней, многократно и в оперативные сроки проводить

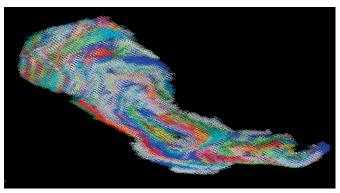


Рис. 9 Пример выходных графических результатов из ПО GEOVIA MineSched в ПО GEOVIA Surpac после интеграции в виде полигонов с разделением на периоды

Fig. 9 An example of graphical output from GEOVIA MineSched to GEOVIA Surpac upon integration as period-split polygons

моделирование процессов разработки месторождений полезных ископаемых, используя цифровые трёхмерные модели геологической среды и объектов горной технологии, моделировать самые разные ситуации, увеличить качество планирования и сократить вероятность технических ошибок, подбирать наиболее адекватные сценарии проведения технологических процессов, чтобы максимально сократить возникновение потенциально возможных рисков при планировании горных работ.

Безусловно, внедрение новых процессов не всегда проходит гладко, и для достижения поставленных задач специалистам Заказчика совместно с командой Подрядчика приходилось сталкиваться с рядом проблемных вопросов, которые были успешно решены.

Третьей и четвертой фазой Проекта предусматриваются переход от годового планирования к оперативному месячному планированию с разбивкой до суток, а также охват геолого-маркшейдерского обеспечения процессов планирования и создания формализованной отчетности. На этих фазах происходит углубленное изучение специалистами геолого-маркшейдерских служб инструментов ГГИС, обеспечивающих планировщиков необходимыми данными для создания оперативных планов, и обучение планировщиков созданию оперативных планов.

Кроме того, в рамках текущих фаз происходит процесс интеграции между различными цифровыми системами, участвующими в данной задаче. Это уже имеющиеся на комбинатах системы автоматизированного управления буровых работ (АСУ БР) «Blast Maker» и горнотранспортного комплекса (АСУ ГТК) «Модулар», и вновь вводимые системы – моделирования формы развала и распределения полезных компонентов в развале при производстве взрывных работ в карьерах ЛГОК и МГОК (на базе ГИС ГЕОМИКС) и единой геологической базы данных Geobank (MICROMINE).

Хочется отметить, что при реализации фаз проекта возникает много вопросов, обусловленных дополнительными пожеланиями со стороны комбинатов по доработке тех или иных модулей ПО, что вполне объяснимо. Ведь чем больше специалисты погружаются в данную систему, тем больше они хотят сделать ее более удобной и эффективной для себя. К чести специалистов российского представительства компании Dassault Systemes, занятых в проекте,

## Information technology

многие пожелания специалистов комбинатов были учтены и доработаны до требуемого уровня.

На пятой фазе проекта внедрения ГГИС будут подробно изучены и предложены решения в части автоматизации процессов планирования подземных горных работ на дренажных шахтах комбинатов, осуществляющих осушение карьеров, специалисты которых также пройдут обучение процессам планирования в системе ГГИС.

### Применение системы сбора и управления базами данных

Параллельно внедрению проекта ГГИС GEOVIA от компании Dassault Systemes ведутся работы по смежным проектам, обеспечивающим успешное функционирование системы. Для автоматизации процессов взаимодействия геологической службы и лаборатории планируется применять ПО Geobank компании MICROMINE Pty Ltd.<sup>2</sup>

Micromine Geobank – это система сбора и управления базами данных, легко адаптируемая практически под любую уже существующую базу данных. Данная система обеспечивает административный доступ к данным (например, в режиме клиент-сервер). Micromine Geobank прост в обращении даже для нетехнического персонала и снабжен широким набором утилит, позволяющих получить наибольшую отдачу от имеющихся данных.

Micromine Geobank обладает возможностью управлять всеми данными организации, хранящимися как в текстовом формате, так и в виде таблиц, фотографий, видео, объемной мультипликации, ГИС данных, баз данных различных форматов. Взаимодействует с основной базой данных посредством графического интерфейса. При помощи встроенных утилит пользователь может очень быстро создать связные формы просмотра данных. Графический интерфейс позволяет отображать в масштабированном формате как скважинные данные (инклинометрия, литология, данные ГИС), так и пространственные данные (координаты скважин, контуров, горных отводов и т.п.). При этом можно использовать литологические коды, штриховку, описательные поля, гистограммы и графики (рис. 10).

Micromine Geobank позволяет очень гибко разграничивать доступ пользователей к базам данных и создавать персональные рабочие места для каждого отдельного

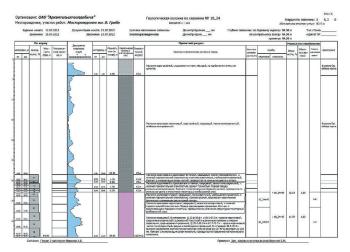


Рис. 10 Пример построения литологической колонки

Fig. 10 An example of a lithological borehole log

специалиста. Использование системы Micromine Geobank это использование целой группы программ – электронной документации, создания отчетов (рис. 11), администрации баз данных, визуализации данных, трансформаторов координат, систем отслеживания проб и других.

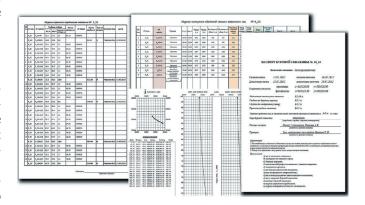


Рис. 11 Пример создания графических и текстовых отчетов в среде Micromine Geobank

Fig. 11 An example of creating graphical and text reports in the Micromine Geobank Suite

Система будет работать с базами данных первичной горно-геологической информации и будет обеспечивать:

- формирование электронной документации геологом, геофизиком, маркшейдером, горным инженером, диспетчером и т.д.;
- занесение информации и её проверку, в том числе автоматизированный импорт информации из файлов различных форматов;
- импорт информации с участков в центральную базу, а также сведение в единую базу информации из различных баз данных;
- анализ и контроль информации;
- создание отчетности и экспорта необходимой информации различного уровня сложности, в том числе соответствующих требованиям контролирующих организаций;
- автоматизирование работы с различными ГГИС;
- контроль производственных показателей.

Внедрение ПО Geobank позволит решить следующие задачи:

- повышение эффективности и качества данных, получаемых при геологоразведочных и эксплуатационных работах;
- перевод хранимой на бумажных носителях геологической информации в цифровой вид.

Для повышения качества оперативного планирования горных работ и оптимизации рудопотока внедряется продукт ГГИС ГЕОМИКС (компания ООО «ГЕОМИКС»), технология моделирования развала, которая предназначена для прогнозной оценки формы, объема развала и распределения в нем содержания полезных компонентов, регламентирующих качество добываемого полезного ископаемого.

Основные цели применения технологии моделирования развала:

- повышение качества извлечения руды для переработки:
- повышения точности планирования горных работ в краткосрочном периоде;

<sup>2</sup> Невлютов Т.Н. Обзор возможностей системы Micromine GEOBANK и прин-

- вариативность результатов компьютерного моделирования развала без реальных взрывов;
- предупреждение внештатных ситуаций до проведения взрывных работ;
- определение оптимальных норм потерь и разубоживания, а также отдельных параметров кондиций полезных ископаемых.

Компьютерная технология реализована

на основе математических алгоритмов трехмерного моделирования разрушения буровзрывного блока скважинными зарядами взрывчатого вещества с применением многорядного короткозамедленного взрывания в соответствии с проектом на массовый взрыв, с учётом реальной поверхности карьера перед взрывом, фактического расположения взрывных скважин, величины и конструкции зарядов, параметров сети коммутаций, геолого-структурных и физико-механических характеристик массива горных пород и руд, слагающих буровзрывные блоки.

Динамическая составляющая моделирования заключалась в отслеживании разрушаемого материала в элементарных ячейках блочной модели при их перемещении в результате взрыва вплоть до формирования развала взорванной горной массы. Конечный итог моделирования – блочная модель сформированного взрывом развала (рис. 12).

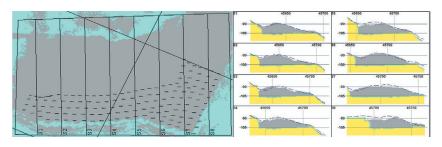
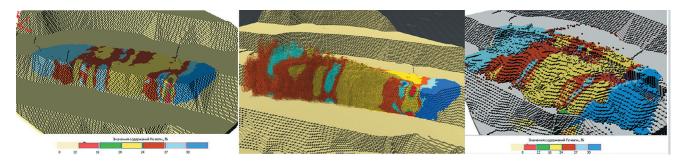


Рис. 13 Сопоставление прогнозной и фактической поверхностей участка карьера МГОК после взрыва БВР блока

Fig. 13 Comparison of predicted and actual surfaces of the MGOK open pit section after the drilling and blasting operations at the block

цифровых триангуляционных моделей. Таким образом, результаты моделирования в виде прогнозных блочных моделей развала передаются в GEOVIA MineSched, что позволяет повысить достоверность информации о распределении содержаний полезных компонентов в развале при решении задач оперативного планирования.



Моделирование взрывного разрушения горных пород в ГГИС ГЕОМИКС

Simulation of rock blasting in the GEOMIX GIS

Верификация модели на предприятиях ЛГОК и МГОК, проведённая более чем на 40 БВР блоках, показала высокую сходимость прогнозной и фактической формы развала (не менее 80%) и невысокое расхождение прогнозных и запеленгованных координат радиопередатчиков, смещённых при взрыве (среднее расхождение 24 датчиков на ЛГОКе и 14 на МГОКе составило 2 м при их среднем смещении 6 и 6,5 м соответственно) (рис. 13).

Для внедрения модуля моделирования развала успешно проведена интеграция с ГГИС GEOVIA Surpac, которая позволяет осуществлять своевременный обмен геологическими и маркшейдерскими данными в виде блочных и

#### Заключение

Внедрение на предприятиях новых информационных технологий – процесс сложный и многоэтапный, в связи с чем наиболее важными для успеха реализации Проекта являются нацеленность на результат и вовлеченность высшего руководства, единое понимание целей, задач и результатов Проекта всеми участниками, а также ответственность владельцев бизнес-процессов в Проекте за результат. Благодаря этим факторам цифровые технологии, внедряемые в группе компаний МЕТАЛЛОИНВЕСТ, позволят добиться высокой эффективности и культуры производства.

#### Список литературы

- 1. Тюленева Т.А. Цифровизация горнодобывающей промышленности региона: проблемы и перспективы. Вестник Сургутского государственного университета. 2020;(4):25-33. https://doi.org/10.34822/2312-3419-2020-4-25-33
- 2. Пискунов А.И., Главацкий В.Б. Новая индустриализация России: пути преодоления отставания. Вопросы инновационной экономики. 2019;9(2):287–300. https://doi.org/10.18334/vinec.9.2.40579

## Information technology

3. Полищук М.И. (ред.) Цифровизация в горнодобывающей промышленности. М.; 2019. 18 с. Режим доступа: https://www.goodclimate.com/materials/files/152.pdf

### References

- 1. Tyuleneva T.A. Digitalization of regional mining industry: problems and prospects. Surgut State University Journal. 2020;(4):25-33. (In Russ.) https://doi.org/10.34822/2312-3419-2020-4-25-33
- 2. Piskunov A.I., Glavatskiy V.B. The new industrialization of Russia: Ways of overcoming the backlog. Russian Journal of Innovation Economics. 2019;9(2):287-300. (In Russ.) https://doi.org/10.18334/vinec.9.2.40579
- 3. Polishchuk M.I. (ed.) Digitalization in mining. Moscow; 2019. 18 p. (In Russ.) Available at: https://www.good-climate.com/materials/ files/152.pdf

#### Информация об авторах

Исмагилов Ринат Иршатович – директор горного дивизиона, ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: r.ismagilov@metalloinvest.com

Гриник Александр Викторович – начальник управления перспективного планирования и мониторинга горных работ, ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: a.grinik@metalloinvest.com

Догадин Алексей Иванович – главный горняк, АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», г. Железногорск, Российская Федерация; e-mail: A\_Dogadin@mgok.ru

Мельников Виталий Михайлович - главный горняк АО «Лебединский ГОК», г. Губкин, Российская Федерация; e-mail: melnikov v m@lebgok.ru

Алексей Григорьевич Лебедев – ведущий горный инженер, ООО «Дассо Систем», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: Alv1@3ds.com

Шмонов Алексей Михайлович - кандидат геологоминералогических наук, руководитель отдела внедрения горно-геологических проектов Сервисного департамента, ООО «Дассо Систем», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: Alexev.SHMONOV@3ds.com

Герасимов Андрей Владимирович - кандидат технических наук, технический директор, ООО «ГЕОМИКС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: gerasimov@ geomix.ru

Кабелко Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, руководитель сектора планирования, ООО «ГЕОМИКС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: kabelko@geomix.ru Невлютов Тимур Наильевич – директор по развитию бизнеса, ООО «Майкромайн Рус», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: tnevlyutov@micromine.com

## Информация о статье

Поступила в редакцию: 08.06.2022 Поступила после рецензирования: 22.06.2022

Принята к публикации: 23.06.2022

#### Information about the authors

**Rinat I. Ismagilov** – Director of the Mining Division, METALLOINVEST MC LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: r.ismagilov@metalloinvest.com

Aleksandr V. Grinik - Head of Mining Monitoring and Prospective Development Department, METALLOINVEST MCLLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: a.grinik@metalloinvest.

Aleksey I. Dogadin - Chief Miner, Mikhailovsky GOK PAO, Zheleznogorsk, Russian Federation; e-mail: A Dogadin@ mgok.ru

Vitaly M. Melnikov - Chief Miner, Lebedinsky GOK PAO, Gubkin, Russian Federation; e-mail: melnikov\_v\_m@lebgok.ru Aleksey G. Lebedev - Leading Mining Engineer, Dassault Systèmes LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: Alv1@3ds.

Aleksey M. Shmonov – Candidate of Technical Sciences (PhD in Geology and Mineralogy), Head of Mining and Geological Project Implementation Unit of the Service Department, Dassault Systèmes LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: Alexey.SHMONOV@3ds.com

Andrey V. Gerasimov - Candidate of Technical Sciences (PhD in Engineering), Technical Director, Geomiks LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: gerasimov@geomix.ru Sergey G. Kabelko - Candidate of Technical Sciences (PhD in Engineering), Head of Planning Sector, Geomiks LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: kabelko@geomix.ru

Timur N. Nevlyutov - Business Development Director, Micromine Rus LLC, Moscow, Russian Federation; e-mail: tnevlyutov@micromine.com

#### Article info

Received: 08.06.2022 Revised: 22.06.2022 Accepted: 23.06.2022