

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГГИС MICROMINE

Андрей Александрович Басаргин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-18-53, e-mail: salnikov@ssga.ru

Виктор Семенович Писарев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-18-53, e-mail: viktor@ssga.ru

Одним из эффективных способов получения сведений о свойствах взрываемого массива является использование информации, получаемой в процессе бурения скважин. Данный подход привлекателен тем, что не нарушает существующую технологию ведения работ на карьере и не требует дополнительных затрат на проведение геологических исследований, связанных с определением физико-прочностных характеристик слагающих пород блока.

ГГИС Micromine позволит автоматизировать проектирование буровзрывных работ при этом обеспечит расстановку скважин, учитывающую геометрию блока и свойства горных пород, и рациональное распределение скважинных зарядов для наиболее эффективного дробления горной массы. В условиях высокой интенсивности горных работ на карьерах ГГИС Micromine обеспечивает оперативность и многовариантность проектных решений при выполнении БВР.

Ключевые слова: проект скважин, цифровая модель поверхности, длина скважин, длина заряда и забойки, программа Micromine, база данных фактических скважин, свойства горных пород.

DEVELOPMENT OF DESIGN METHODS FOR DRILLING AND BLASTING OPERATIONS IN OPEN MINE WORKINGS USING GIS MICROMINE

Andrei A. Basargin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Systems, phone: (383)343-18-53, e-mail: abaspirant@mail.ru

Valery G. Salnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-55, e-mail: salnikov@ssga.ru

Viktor S. Pisarev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-55, e-mail: viktor@ssga.ru

One of the effective ways of collecting information about the properties of the exploding array is the use of information obtained in the process of drilling wells. This approach is attractive because it does not violate the existing technology of conducting work in a quarry and does not require additional costs for conducting geological studies related to the determination of the physical and strength characteristics of the component rocks of the block.

GGIS Micromine will allow automating the design of drilling and blasting operations while ensuring the well placement, taking into account geometry of the block, properties of rocks, and rational distribution of well charges for the most effective crushing of the rock mass. Under the conditions of high intensity mining at the open pit mines of the Micromine GGIS, the design decisions are quick and multifaceted when performing drilling and blasting operations.

Key words: well project, digital surface model, well length, charge and tamping length, Micromine program, actual well database, rock properties.

Введение

В современном мире все чаще встает вопрос о скорости практически любых процессов. С появлением и внедрением цифровых технологий эта гонка набирает все большие обороты с каждым годом. Применение новейших видов оборудования и программ позволяет значительно ускорить решение большинства производственных задач. Подобная ситуация актуальна для геологоразведки и горнодобывающей промышленности в целом. Но в этой погоне за скоростью сбора данных всегда нужно помнить об их качестве. Исследования основываются на информации, а информация на первичных данных. Ошибки в исследовании могут привести к повторным исследованиям, исправлению ошибок, временным и материальным затратам. Восстановление же первичных данных может быть весьма дорогостоящим, а иногда просто невозможным.

Качество работ по сбору обширного количества первичной входной информации контролировать довольно трудно. Ввод геологической информации в базу данных проекта должен быть подвергнут постоянному и регулярному контролю. Для решения подобных задач подходит ГГИС Micromine. Программное обеспечение Micromine представляет собой единую среду для сбора, хранения и обработки данных.

Сбор геологических данных по циклам бурения

Объект расположен в южной части страны на заповедных территориях и удален от населенных пунктов (до ближайшего около 90 км). Месторождение небольшое, жильного типа, и связано с медными рудами. Разрабатываются только два месторождения в южной части Атакамы – Депресьяда и Сан-Рамон. Содержание металла в руде 1,9–2 %. Кроме того добыча кобальта производится

на медном месторождении Мереедитас, вблизи Сант-Яго, в количестве нескольких десятков тонн в год.

Условия работ геологических служб довольно непростые, поскольку месторождение располагается в неосвоенной зоне с расчлененным рельефом. Правда, необходимо отметить, что на территории лагеря есть электричество и интернет, развернут сервер [1–4].

Полевые работы на месторождении включали в себя бурение скважин средней глубины около 70 м с отбором керна и комплексом геофизических исследований. Бурение проводилось четырьмя станками, скорость бурения была достаточно высокая. В процессе работ отбирался большой объем данных. Бурение проводилось местной геологической службой с отбором кернового материала под наблюдением российских супервайзеров. По всему отобранному керну проводился радиометрический промер и отбирались пробы. Отобранные пробы отправлялись в лабораторию на подготовку в город, удаленный на 400 км от базового лагеря. По возвращению пробы формировались в партии для отправки в Россию в аналитическую лабораторию. Дубликаты проб анализировались в лагере на полевом XRF анализаторе.

Объем всех видов работ, выполненных за день, документировался и сводился в ежедневный отчет для руководителей программы. Ежедневно собиралась информация по циклам бурения, отбору и транспортировке керна, по каждой скважине, данным документации керна, радиометрического промера и количеству отобранных проб и сформированных партий проб для отправки в лабораторию [5].

Геологическая документация сначала формировалась в бумажном формате, затем переносилась в таблицы Excel. Файлы передавались другим сотрудникам для проведения радиометрического промера и разметки интервалов опробования.

В итоге, все собранные данные, включая бирки для проб, находились в многочисленных таблицах Excel. Использовать их для оперативного импорта в горно-геологическую информационную систему и другие программы для проведения оперативной оценки полученных результатов было невозможно без дополнительных временных затрат на доработку входных данных.

Специалисты службы, осуществляющей контроль бурения, не всегда своевременно и точно сообщали данные по проходке скважин, поскольку зачастую фиксировали всю информацию лишь в свой бумажный журнал. Несвоевременное и примерное предоставление данных о количестве пройденных и задокументированных метров в итоге приводило к расхождению по ежедневной и ежемесячной отчетности [4–6].

Для оценки результатов форматы геофизических данных приходилось дорабатывать для импорта в ГГИС Micromine, которая использовалась на объекте. Обработка рукописного геологического описания требовала больших временных затрат для того, чтобы внести данные в оперативную базу данных и получить информацию о геологии и пространственной взаимосвязи геологических

разностей. Из-за высокой скорости проходки работа с керном велась с большим отставанием.

Отдельно хотелось бы указать проблему механических ошибок и опечаток, которые являются частыми спутниками ручного ввода данных. Различное написание номеров скважин и проб в разных файлах, затрудняло процесс дальнейшей работы с данными, вносило путаницу в результаты, а иногда приводило к безвозвратной потере исходных и очень важных данных [7].

Копирование и перенос данных на внешних носителях (дисках, флешках) с компьютера на компьютер также зачастую создавали путаницу: какой файл итоговый, и какую информацию стоит использовать.

Применение ГГИС Micromine для унифицированного хранения данных бурения

Как видно из сложившейся ситуации, необходимость внедрения специализированного программного обеспечения для работы с базой данных возникла на начальном этапе работ, когда обширный поток данных собирался с ощутимым отставанием, а оперативная обработка информации была затруднена. При этом хотелось бы отметить, что Micromine внедрялся непосредственно в ходе буровых работ [8].

При помощи среды Micromine было внедрено и реализовано следующее:

- унифицированная интерактивная база данных на сервере всей поступающей первичной информации;
- интерактивный ввод данных в подготовленные формы ввода, разработанные непосредственно для данного объекта;
- синхронизация данных на всех компьютерах при наличии беспроводной или проводной локальной сети;
- проверка данных при вводе;
- унифицированные коды для ввода информации, разработанные для данного объекта;
- автоматический ввод геофизических данных;
- настроенные формы отчетности, соответствующие исходным формам отчетности на объекте. Это представлено на (рис. 1).

Сбор данных на участке проводился при помощи Geobank Mobile – мобильной версии решения Micromine. Программа устанавливалась на ноутбуки и планшеты сотрудников. В Geobank Mobile были настроены профили и формы для ввода данных для каждой из служб отдельно. В профиле для ввода данных отображались только данные, вносимые непосредственно сотрудниками данного отдела. Были настроены ограничения на модификацию данных, введенных другим пользователем. Администраторам были открыты все профили и данные, для рядовых пользователей был открыт доступ только к профилям необходимых служб.



Рис. 1. Процесс внедрения ГГИС Micromine

Для всех входных данных были разработаны справочники кодов. Для удобства пользователей на экран при выборе из выпадающего окна выводился не только код, но и его описание на русском языке.

Для геофизических данных был настроен процесс автоматического импорта из LAS файлов. Для этого пользователю Micromine необходимо было указать путь к LAS-файлу с геофизическими данными для каждой скважины и запустить процесс. Информация автоматически подгружалась в базу данных.

В Geobank Mobile были настроены проверки вводимых данных. Например, при проверке глубины интервалов значение в поле «От» не могло превышать показатель в поле «До».

Все формы ввода в Geobank Mobile связывались между собой. Скважине присваивалось название только один раз – при ее заложении, далее все таблицы по вводу геологических и других данных автоматически прикрепляли ее название [5–8].

Формы ввода в ходе внедрения проходили доработку при сотрудничестве с непосредственными исполнителями. Все замечания и предложения по улучшению интерфейса для удобства использования незамедлительно учитывались разработчиками Micromine, которые осуществляли техническую поддержку. Это показано на (рис. 2).

Все компьютеры, на которых работали пользователи с Geobank Mobile, синхронизировались между собой. То есть информация, введенная оператором на Компьютере 1, после синхронизации появлялась на Компьютерах 2 и 3.

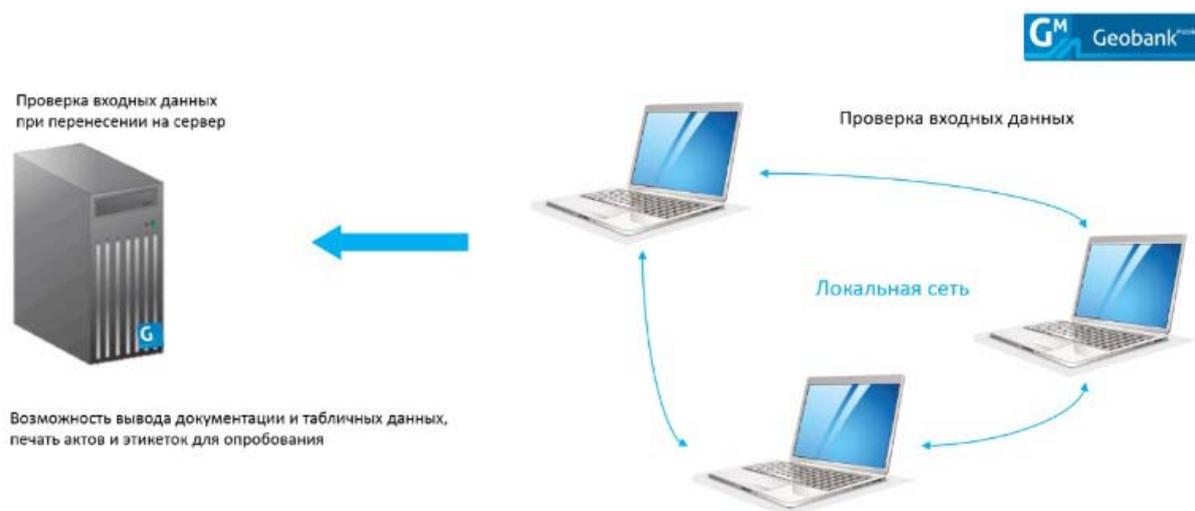


Рис. 2. Синхронизация работы компьютеров

Ежедневно все данные из Geobank Mobile переносились на сервер в среду Micromine путем синхронизации данных. Перед синхронизацией с базой данных проводилась дополнительная проверка в среде Micromine. Соответственно на сервер попадали уже дважды проверенные входные данные.

В системе Micromine были настроены выводные данные для отчетности. Все акты, журналы геологической документации были сформированы идентично начальным формам, которые использовались на объекте до внедрения Micromine, чтобы продолжить изначально принятый формат отчетности. Геологическое описание выводилось в журнал в виде оформленного текста. Текстовое описание формировалось автоматически на основе введенных документаторами кодов. При этом геологическое описание можно было вывести в табличный формат с литологическими кодами для импорта в Micromine, что позволяло осуществлять оперативную оценку собранных данных и, при необходимости, корректировать ход геологоразведочных работ, оптимизировать объемы бурения [2–6].

Весь процесс подготовки к внедрению, который включал в себя подготовку баз данных, серверов, форм ввода и вывода данных к работе, занял около одного месяца. Непосредственное внедрение программы на объекте, при котором, помимо технической части внедрения, проходило также обучение сотрудников работе с программой, доработка форм ввода и вывода с учетом пожеланий непосредственных исполнителей и документаторов, также заняло около месяца.

После внедрения и начала отлаженной работы всех сотрудников в системе Micromine многие проблемы были устранены. Скорость обработки данных и создание отчетов увеличилась, причем таким образом, что было устранено отставание, и дальше работа пошла с опережением сроков. Два этапа проверки входных данных почти полностью исключили механические ошибки. Ежедневная отчетность стала полностью автоматическим процессом.

Составление паспорта буровзрывных работ в системе Micromine

Составление паспорта бурения в программе начинается с создания базы данных проектных скважин, что позволяет в дальнейшем при необходимости загружать положения скважин любого ранее спроектированного блока (рис. 3). База данных представляет собой таблицы в которых хранится вся необходимая информация по параметрам БВР (диаметр скважин, длина и направление скважин, координаты устьев, имя блока, длина заряда и забойки, др.) [9].

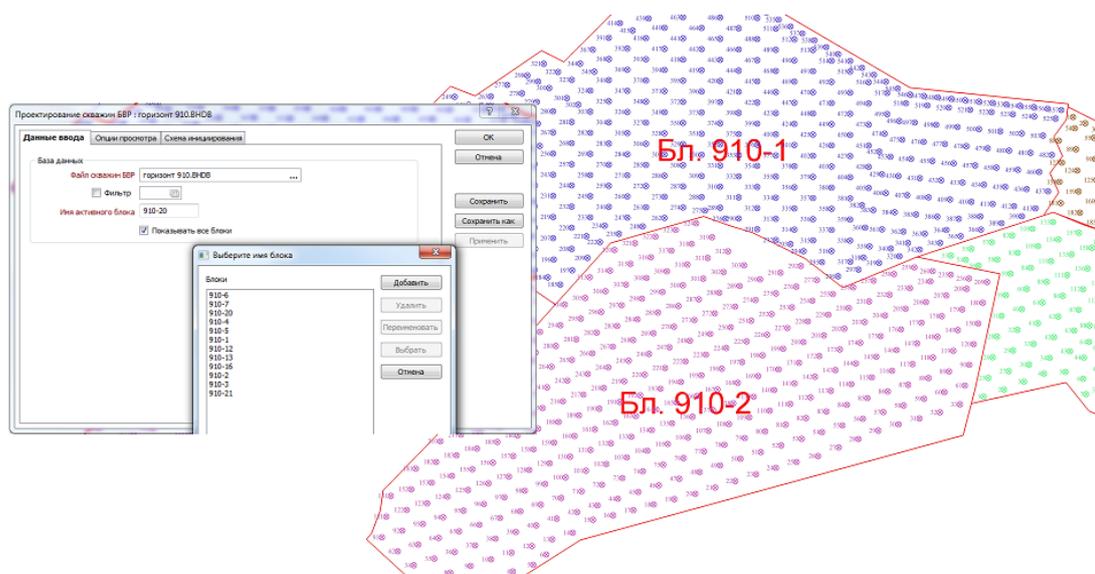


Рис. 3. Визуализация базы данных проектных скважин

Инструменты Micromine позволяют проектировать скважины как в автоматическом режиме в пределах границ блока по заданной сетке, так и полуавтоматически, когда специалист может проектировать блок по рядам, отдельным участкам, задавая разные сетки и параметры в пределах одного блока. Оба способа являются дополнением друг друга и имеют инструменты, которые позволяют добавлять новые скважины, ряды скважин, а также редактировать уже запроектированные. Программное обеспечение предлагает выбрать схему расположения скважин по прямоугольной или треугольной сетке, а также в шахматном порядке (рис. 4).

Использование цифровой модели поверхности (ЦМП) позволяет автоматически рассчитывать длину скважин относительно фактической съемки поверхности и проектировать скважины до заданной отметки или проектного положения карьера с учетом заданного перебура [7–10].

Кроме базы данных проектных скважин Micromine позволяет создавать базу данных фактических скважин. В этом случае используются результаты съемки или информации, поступающей напрямую с бурового станка через сеть или через файлы, импортируемые в систему. По фактически пробуренным скважинам осуществляется создание схемы коммутации.

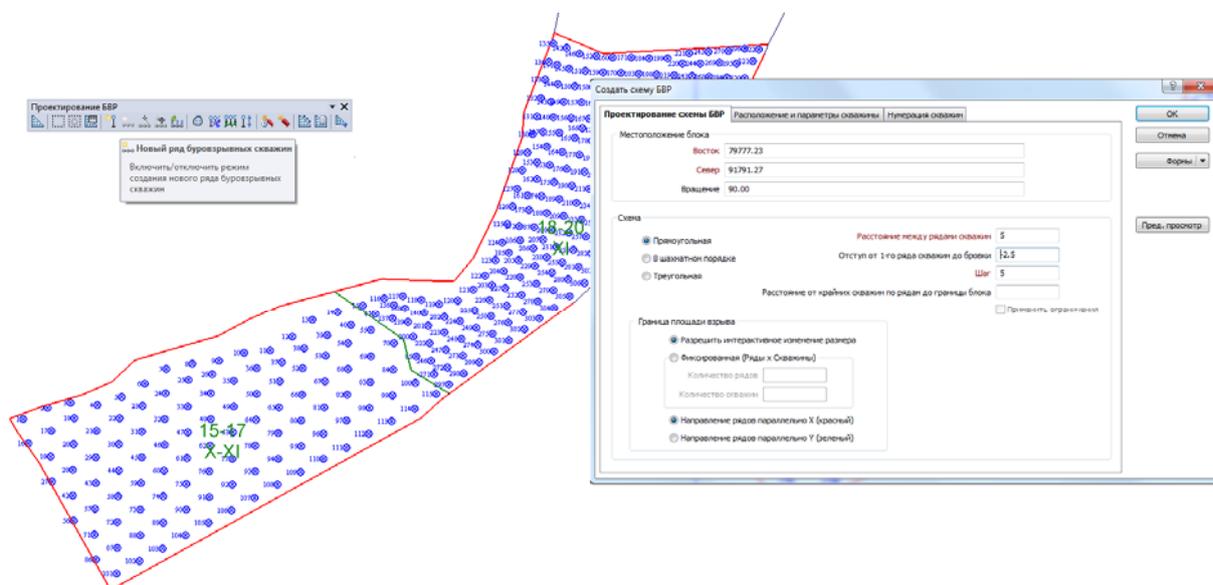


Рис. 4. Проектирование и редактирование скважин БВР

Современное буровое оборудование, оснащенное системами позиционирования и управления данными, может выдавать не только положение и параметры фактически пробуренных скважин, но и информацию о структурных и прочностных свойствах горных пород. В свою очередь ГГИС имеет ряд инструментов, позволяющий визуализировать и использовать эту информацию для дальнейшего проектирования взрывных работ [1–5].

После создания паспорта БВР и получения координат фактически пробуренных скважин, можно приступить к созданию схемы коммутации и расчету взрывчатых веществ. В программе существует несколько вариантов расчета взрывчатых веществ, учитывая:

- удельный расход от объема или тоннажа;
- постоянную длину заряда или забойки.

В итоге формируется отчет, в котором представлены интервалы заряда и забойки, количество взрывчатых веществ для каждой скважины (рис. 5).

Последним этапом составления паспорта БВР является вывод на печать всей необходимой информации. Инструмент Печать в программе Micromine имеет широкий функционал, позволяя автоматизировать и упростить данный процесс. Также стоит отметить возможность написания скриптов на языке программирования Python, что позволяет специалисту, не привязываясь к стандартному функционалу ПО, решать различные задачи, производить расчеты, формировать отчеты необходимой структуры, наполнения и многое другое [10].

Планирование в ГГИС Micromine позволяет получить оптимальную последовательность обработки месторождения, итоговую отчетность по отработанным объемам за заданный период [2–6].

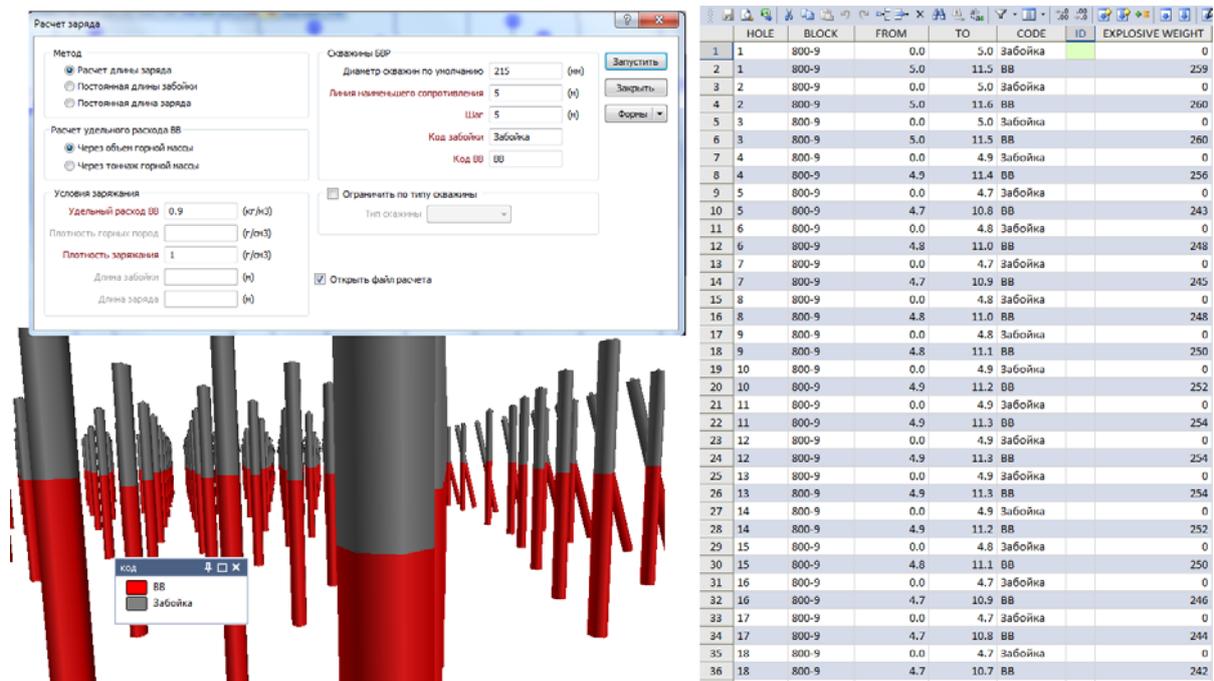


Рис. 5. Расчет взрывных веществ

ГГИС Micromine обеспечивает работу с различными геологическими объектами, а при проектировании буровзрывных работ позволяет автоматизировать следующие работы:

- загрузка данных опробования с выбором необходимых компонентов полезного ископаемого, а также фильтрация по профилям, блокам, типам разведки;
- пополнение базы данных опробования с автоматизированным вычислением координат проб на моделях горных выработок. Автоматизированный ввод координат устьев скважин по данным маркшейдерской съемки;
- визуализация моделей проб, включая: формирование цветовой легенды представления значений содержания компонентов; отображение траекторий скважин и их устьев, наименований скважин/выработок, номеров проб, значений содержаний или других характеристик проб и их наборов;
- формирование моделей разведочных линий с построением соответствующих разрезов;
- построение моделей пластообразных тел по выделенным кондиционным интервалам и содержанию компонентов полезного ископаемого;
- построение изолиний содержания компонентов полезного ископаемого;
- формирование блочной модели геологического (рудного) тела с возможностью уменьшения размеров блоков на границах модели;
- формирование разрезов с отображением на них блочной структуры геологических тел.

Таким образом, использование современного подхода к проектированию позволяет увеличить эффективность и качество ведения буровзрывных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черагина Д. И. Управления проектами обустройства на примере куста скважины № 221 Вынгапурского месторождения // Управление социально-экономическими системами: теория, методология, практика : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – 2017. – С. 24–27.
2. Басаргин А. А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 34–40.
3. Басаргин А. А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 15–20.
4. Урумов В. А., Босиков И. И. 3D-модель и закономерности распределения полезных компонентов залежи Анненская жезказганского месторождения // Устойчивое развитие горных территорий. – 2015. – Т. 7, № 1. – С. 11–16.
5. Шульга Е. С. Чем порадует 2018 год пользователей программы Micromine // Золото и технологии. – 2017. – № 4 (38). – С. 50–53.
6. Осипов В. Л. Определение рудных интервалов при подсчете запасов в программе Micromine // Горные науки и технологии. – 2018. – № 2. – С. 23–31.
7. Шевкун Е. Б., Лещинский А. В., Галимьянов А. А. Короткая комбинированная забойка взрывных скважин высокой запирающей способности. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 4. – С. 331–336.
8. Свод правил СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – М., 2012.
9. Нурмухаметова А. Т. 3-мерное моделирование при подсчете объемов полезного ископаемого // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. – Томск, 2017. – С. 582–583.
10. Исследование возможности 3D-моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ / О. Г. Бесимбаева, Е. Н. Хмырова, А. С. Бедарев, А. О. Даулетова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 178–183.

© А. А. Басаргин, В. Г. Сальников, В. С. Писарев, 2019