

УДК 622.012:681.3.01:519.67

В. Б. МЕЛЬНИК (АО «Апатит»)

## ВНЕДРЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ MineScape НА РУДНИКАХ АО «АПАТИТ»



В. Б. МЕЛЬНИК,  
начальник отдела технического развития,  
канд. техн. наук

АО «Апатит», в настоящее время входящее в Группу «Фос-Агро», образовано в 1929 г. на базе уникальных Хибинских месторождений апатит-нефелиновых руд. Сегодня АО «Апатит» — крупнейшее в мире предприятие по производству высокосортного фосфатного сырья — апатитового концентрата и единственный производитель нефелинового концентрата в России.

В настоящее время в пределах Хибинского массива разведано 10 месторождений апатит-нефелиновых руд. Из них АО «Апатит» разрабатывает шесть: Кукисвумчоррское, Юкспорское, Апатитовый Цирк, Плато Расвумчорр, Коашвинское и Ньюкпахское. Руду добывают на четырех рудниках (Кировском, Расвумчоррском, Центральном и Восточном) и обогащают на двух фабриках (АНОФ-2 и АНОФ-3).

Перспектива реализации подземных работ до 2020 г. и дальше до 2050 г. определена технико-экономическим обоснованием развития АО «Апатит», выполненном в 2006 г.

Главной целью реализации проекта по внедрению горно-геологической информационной системы (ГГИС) было совершенствование процессов получения, хранения, обработки и передачи геолого-маркшейдерских данных, процессов проектирования и планирования горных работ.

Исходя из поставленных задач, были сформулированы основные технические требования к составу и функционалу будущей горно-геологической системы. Для выбора ГГИС, наиболее подходящей к условиям АО «Апатит», в 2010 г. на предприятии были приглашены отечественные и иностранные разработчики

*Представлены текущие этапы реализации проекта внедрения горно-геологической информационной системы MineScape, разработанной Ventyx an ABB Company, на рудниках АО «Апатит».*

**Ключевые слова:** горно-геологическая информационная система, геологическая модель, блочное моделирование, маркшейдерское обеспечение, проектирование горных работ.

компьютерных программ в области горно-геологического моделирования.

Ранее применявшиеся программные продукты для моделирования горных работ не в полной мере отвечали техническим и функциональным требованиям.

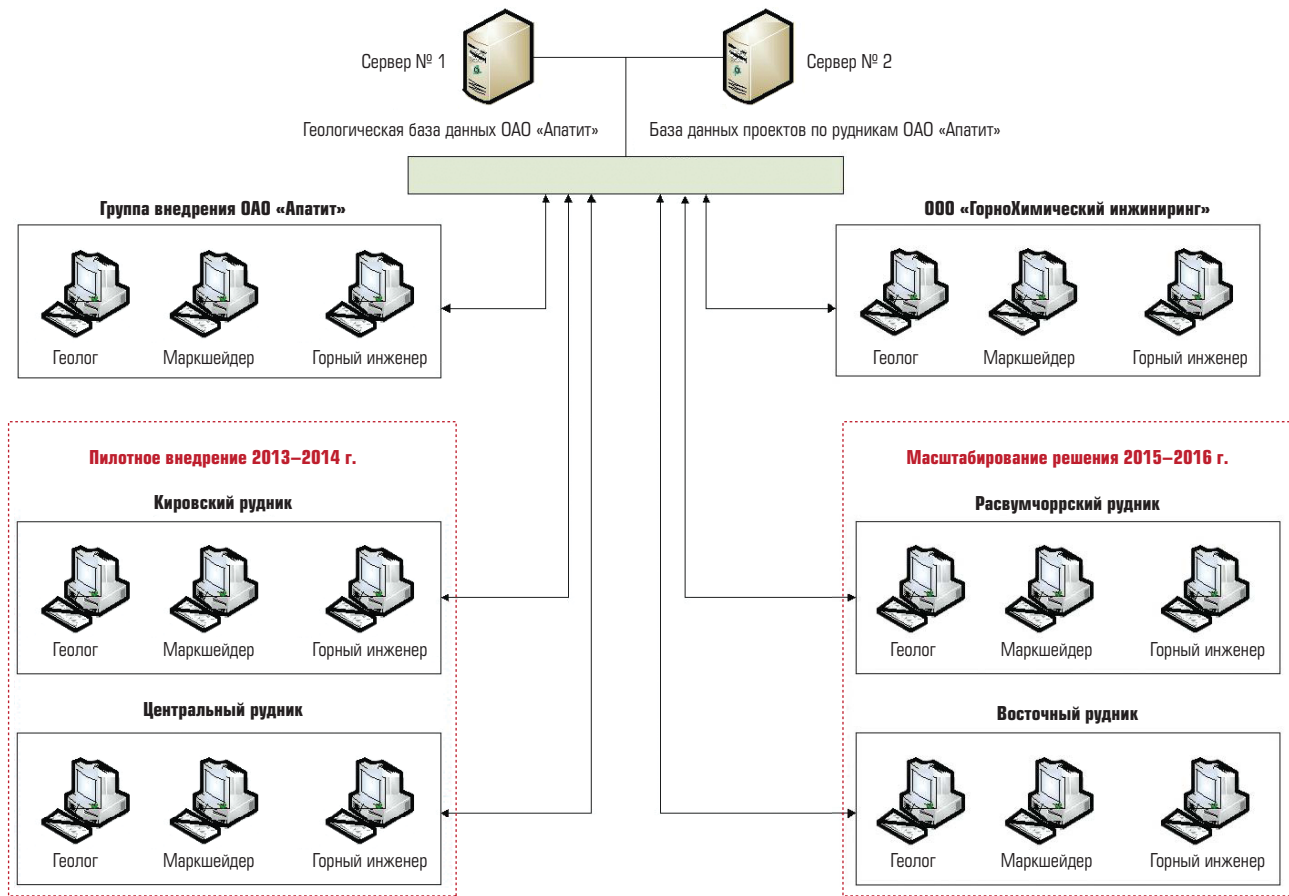
По результатам проведенного сравнительного анализа в качестве базового решения для рудников АО «Апатит» был выбран продукт компании Ventyx an ABB (Швейцария) — ГГИС MineScape, поскольку именно он в наибольшей степени отвечал техническим требованиям.

После проведения обучения пользователей была сформирована рабочая группа внедрения из четырех человек (главный специалист — руководитель группы и три специалиста по направлениям — «Геология», «Маркшейдерия» и «Технология и проектирование»).

Основными целями, которые поставлены перед рабочей группой, являются:

- формирование модели геологических и технологических объектов предприятия и поддержание ее в актуальном состоянии;
- отработка методик проектирования и планирование горных работ на действующей модели;
- повышение качества и эффективности работы геолого-маркшейдерской службы.

Для пилотного внедрения в 2013–2014 гг. были выбраны два рудника — «Центральный», где добыча ведется открытым способом, и подземный — «Кировский». Для каждого из них была



**Рис. 1. Принципиальная схема обработки и обмена горно-геологическими данными в составе единой ГГИС предприятия**

разработана схема хранения и обработки данных с учетом особенностей и специфики ведения горных работ в составе единой ГГИС предприятия (рис. 1). В этот же период было проведено обновление компьютерного и периферийного оборудования.

Занесение исходных данные в систему MineScene осуществляется прямым импортом из AutoCAD и MS Excel.

### Автоматизация геологических работ

Создание геологической модели месторождения Плато Расвумчорр рудника «Центральный» началось с загрузки в MineScene геологоразведочных данных более чем по 1400 скважинам.

В отличие от своих аналогов, система MineScene дает возможность построения моделей как стратиграфическим (сеточным), так и блочным методом. Кроме того, гибридные модели позволяют одновременно комбинировать в той или иной степени элементы блочной и стратиграфической моделей.

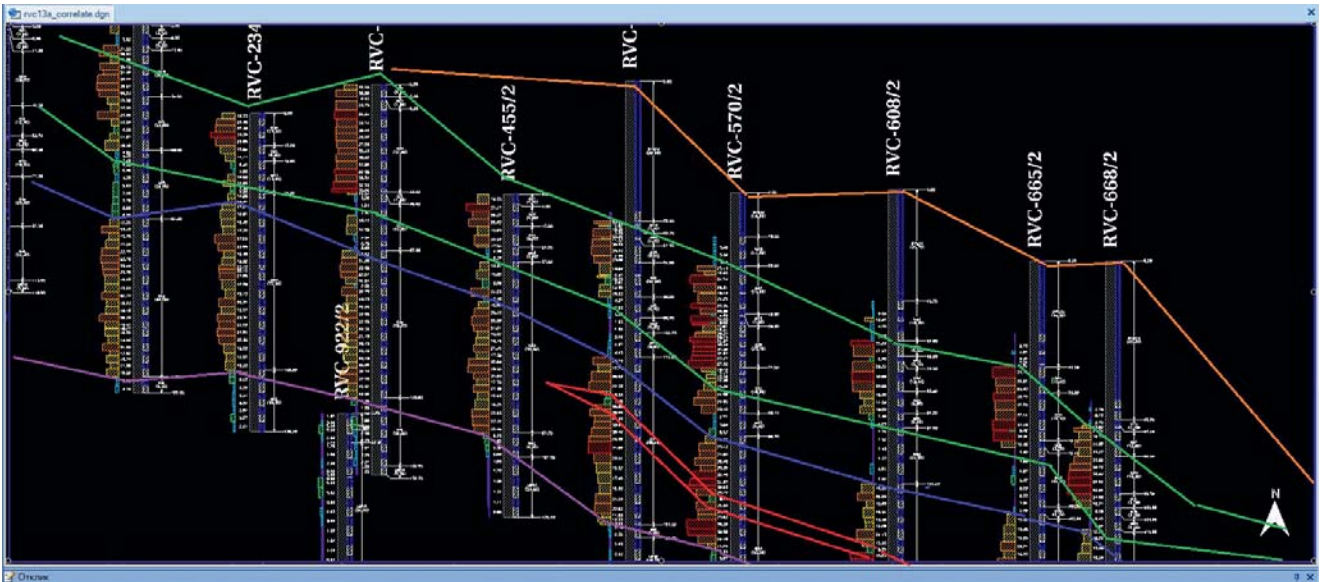
Специфика геологического строения большинства рудных месторождений накладывает существенные ограничения на возможность применения инструментов стратиграфического моделирования, ввиду этого основным инструментом является блочная модель.

В связи с этим на стадии пилотного внедрения было решено в качестве основного инструмента геологического моделирования

использовать функционал блочной модели, отведя стратиграфической вспомогательную роль (для описания поверхностей трендов при интерполяции данных в блочную модель, а также при моделировании толщи вмещающих пород).

Однако анализ исходных данных, проведенный на стадии внедрения, показал, что ввиду хорошей выдержанности рудного тела и четкого прослеживания изменений содержания полезного компонента существует возможность значительного увеличения доли участия инструментов стратиграфического моделирования с одновременным упрощением процесса блочного моделирования. В результате принято решение создать гибридную модель, в которой с помощью стратиграфической модели выполнялось бы построение структурной модели месторождения (топография поверхности, выделение рудного тела в толще вмещающих пород) и выделялись интервалы внутри рудного тела на основе процентного содержания полезного компонента, а в блочной модели формировались модели распределения качества внутри выделенных интервалов в пределах рудного тела, выделялись кондиционные и некондиционные интервалы на основе минимальных мощностей для руды и пустой породы и велся подсчет запасов.

Данные по разведочным скважинам были представлены в виде 2D-разрезов по профилям с гистограммами содержания  $P_2O_5$



**Рис. 2.** 2D-визуализация содержания  $P_2O_5$  в руде по скважинам со схематически выделенными зонами на основе характера изменчивости качественных характеристик в границах рудного тела

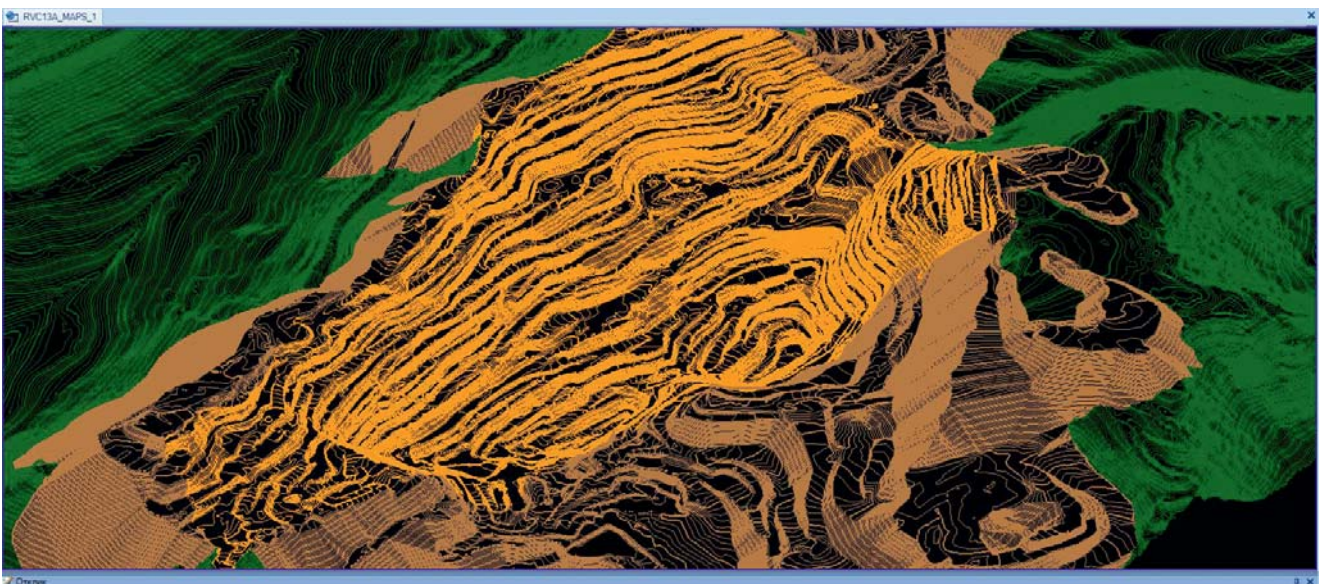
(рис. 2). На рисунке четко видна зональная структура месторождения. В результате на основе интервалов, выбираемых по величине содержания апатита, было решено выделять интервалы стратиграфической схемы путем межскважинной корреляции. Таким образом, была составлена стратиграфическая схема месторождения Плато Расвумчорр. Следующим шагом стало воссоздание топографической поверхности месторождения (рис. 3).

После интерполяции данных в элементарные ячейки модули блочного моделирования была получена актуальная рабочая модель месторождения (рис. 4). Интерполяцию значений проводили путем присвоения значений ячейкам зон, выделенных с помощью интервалов стратиграфической модели. Поверхности кровли и почвы дан-

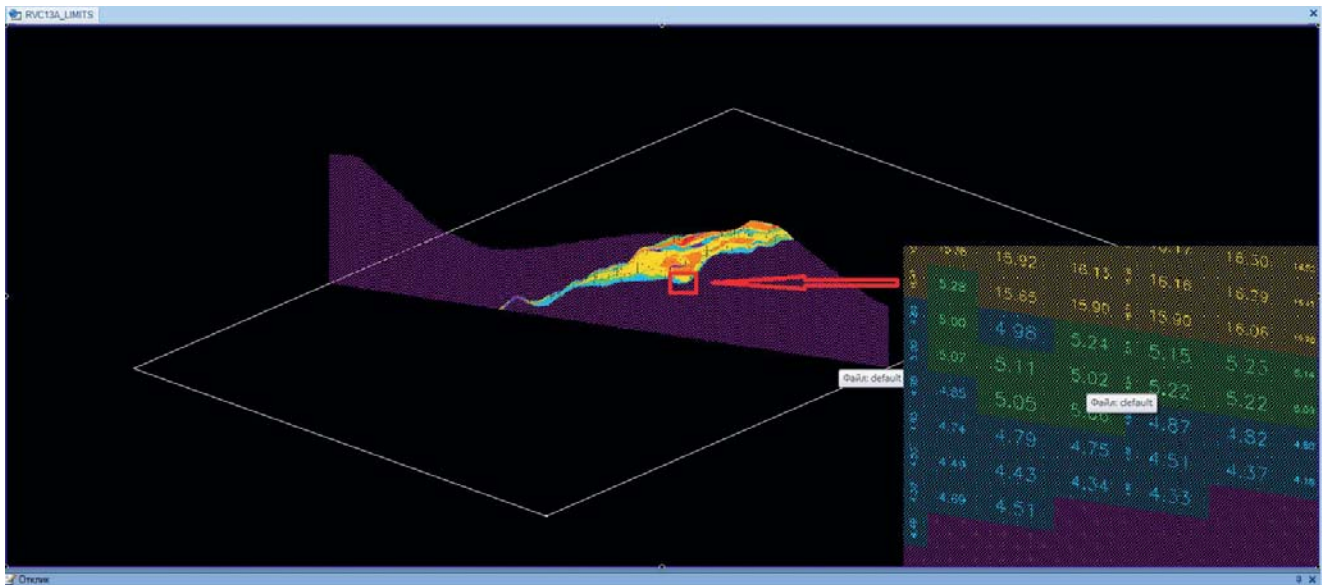
ных интервалов не только ограничивают ту или иную зону, но также выполняют роль поверхностей трендов, определяющих направление движения интерполятора в пределах обчислительной зоны.

На сегодняшний день актуальность модели поддерживается специалистами геологического и маркшейдерского отделов рудника «Центральный». Для оценки объемных и качественных показателей планируемой к добыче руды специалисты технического отдела формируют в системе модели обрабатываемых участков.

Для построения геологических моделей остальных месторождений АО «Апатит» в настоящее время тестируются методики, базирующиеся на результатах, настройках и шаблонах действующей модели месторождения Плато Расвумчорр.



**Рис. 3.** Данные топографической съемки поверхности месторождения Плато Расвумчорр по состоянию на 01.08.2013 г. (зеленый цвет — исходная поверхность; оранжевый — поверхность карьера, светло-коричневый — поверхность отвалов)

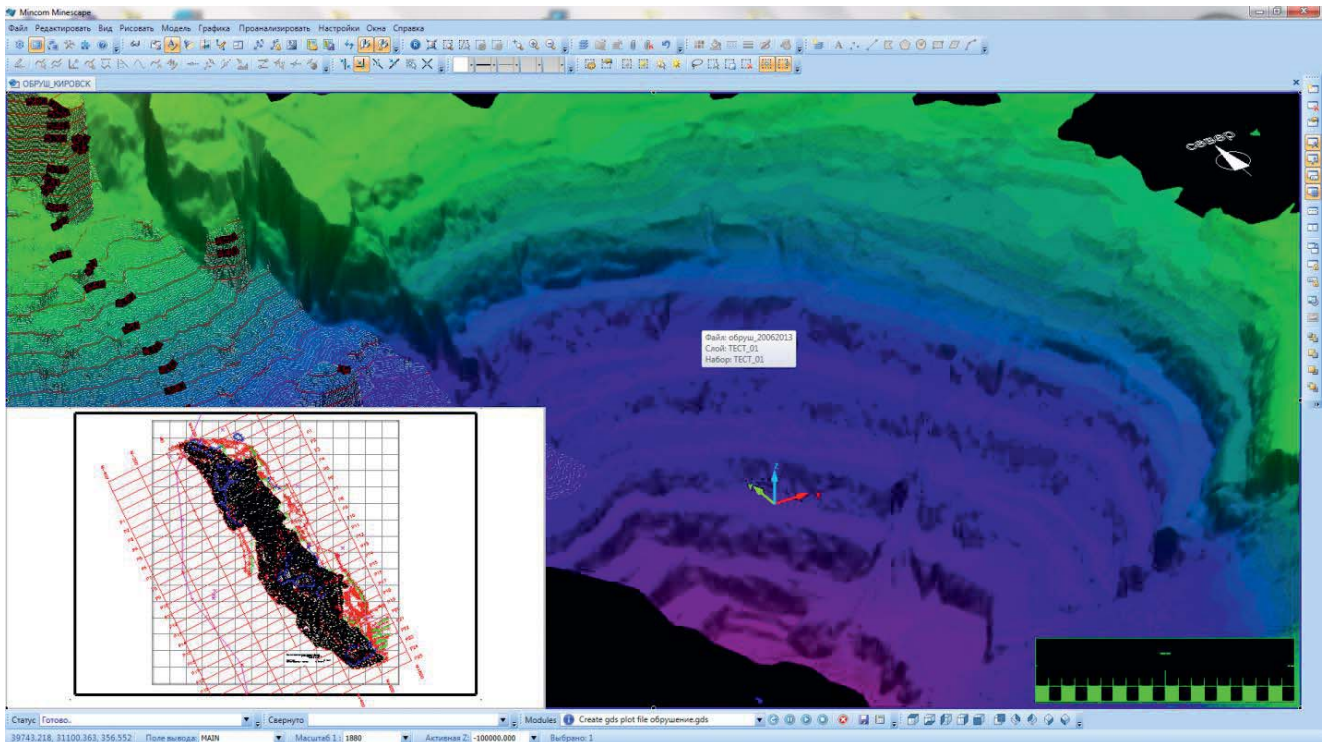


**Рис. 4. Разрез по блочной модели с распределением  $P_2O_5$  в элементарных ячейках**

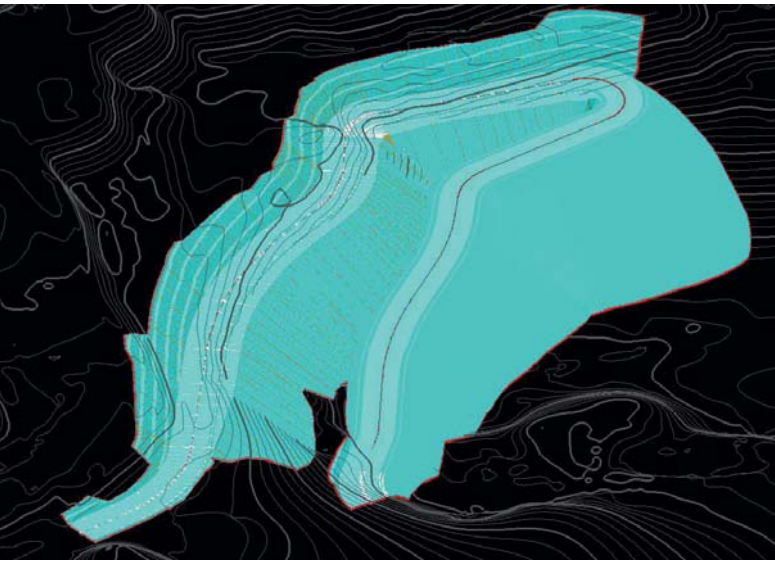
### Автоматизация маркшейдерских работ

Ведение и пополнение баз данных (БД) объектов горных работ осуществляется с применением функционала модуля «Маркшейдерия» системы MineScene. В настоящее время выполнено формирование 90 % объектов горных работ, находящихся на эксплуатируемых участках месторождения Кукисвумчорр. Оставшиеся 10 % находятся на отработанных горизонтах месторождения и не используются при выполнении работ, связанных с проектированием. При необходимости выполнения проектных работ на объектах,

расположенных на отработанных участках, БД оперативно пополняется необходимой информацией. Маркшейдерская БД регулярно дополняется сведениями, полученными в результате выполненных съемок, при этом актуальность БД составляет 1–2 недели. В БД возможно оперативно произвести подсчет объемов работ. Для эффективного и своевременного пополнения БД результатами планируется закупка лазерных сканирующих систем, применяемых как при открытых, так и при подземных горных работах (рис. 5).



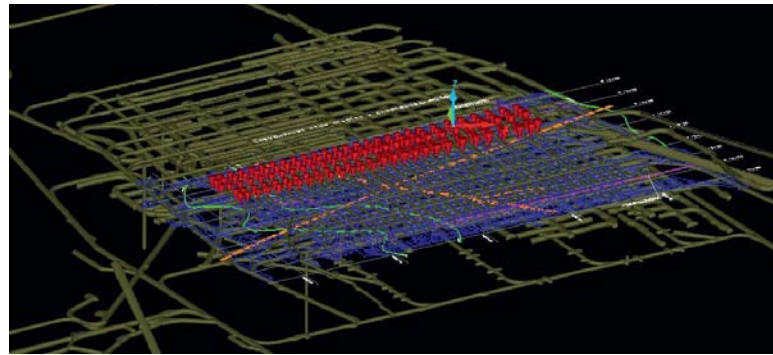
**Рис. 5. Модель объектов горных работ, построенная по результатам лазерного сканирования**



**Рис. 6. Проект дороги, выполненный с помощью модуля «Карьерные дороги» MineScare**

Ежедекадный подсчет объемов рудных складов выполняют, используя функционал модуля «Маркшейдерия» системы MineScare. На основании ежедекадных съемок рудных складов оперативно формируется графическая документация состояния склада и таблица подсчета объемов запасов руды на дату выполнения съемочных работ.

При подготовке маркшейдерской документации используется функционал модуля MineScare в части подготовки чертежей. С его помощью формируется стандартная маркшейдерская доку-



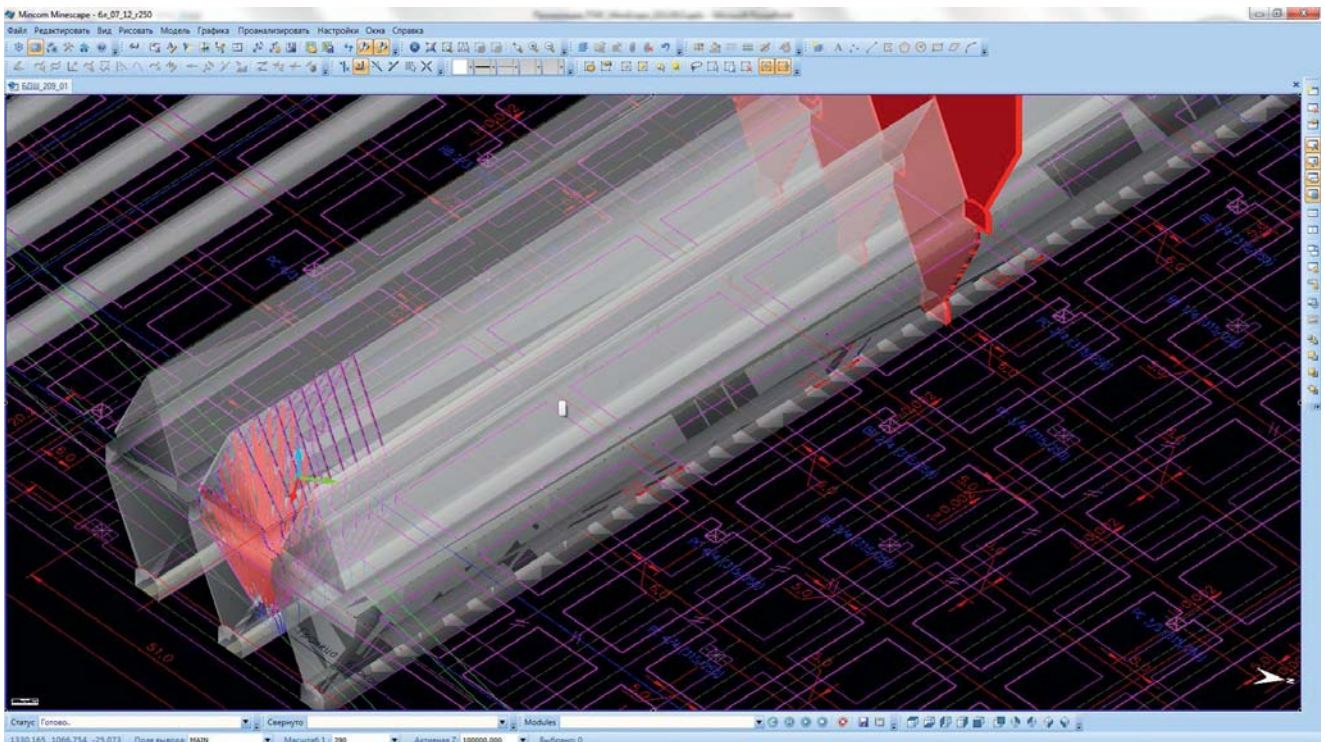
**Рис. 7. Фактически пройденные выработки Кировского рудника, воссозданные с применением трехмерного моделирования**

ментация установленных масштабов, а также обзорная маркшейдерская документация различных масштабов и наполнения.

### Автоматизация локального проектирования горных работ

С применением инструментов модуля «Карьерные дороги» была смоделирована дорога на отвале, соединяющая рудники «Центральный» и «Расвумчорр» (рис. 6).

На руднике «Кировский», охватывающем сразу два месторождения — Кукисвумчорр и Юкспор, после анализа внесенной в БД геологической информации (разведочные скважины, планы и разрезы, данные по бороздovому опробованию в горных выработках) было принято решение использовать в качестве основного инструмента геологического моделирования функционал блочной



**Рис. 8. Проекты выработок с отстроенными по ним веерами взрывных скважин**

модели. Одной из основных трудностей в создании актуальной модели на подземных рудниках является воссоздание фактически пройденных выработок путем оцифровки маркшейдерских планшетов. На **рис. 7** показаны горные выработки сразу нескольких горизонтов, модели которых основаны на данных маркшейдерской документации, содержащейся на бумажных носителях.

После внесения в систему информации о всех имеющихся в пределах блока выработках и определения контуров отбойки осуществляется переход к проектированию паспортов буровзрывных работ (размещение скважин в массиве для отбойки руды). Далее формируется чертеж, который служит основой для выполнения работ по бурению скважин. Для проектирования паспортов на буровзрывные работы используется функционал модуля RingDesign (**рис. 8**).

### Заключение

В 2015 г. АО «Апатит» планирует начать промышленную эксплуатацию ГИС MineScape на рудниках «Кировский» и «Центральный».

По результатам промышленной эксплуатации эффективность проекта будет определяться повышением качества добываемого сырья за счет снижения потерь и разубоживания на основе точного моделирования контактов рудных тел с вмещающими породами, что в свою очередь, достигается за счет актуальных данных опробования и оперативного оконтуривания приконтактных зон с пересчетом запасов.

С учетом данных параметров ожидается:

- снижение общих потерь полезного ископаемого на 5 %;
- сокращение на 15 % времени обработки данных, моделирования и проектирования горных работ за счет внедрения эффективных алгоритмов и автоматизации часто выполняемых операций;
- сокращение на 20 % времени на обработку геологоразведочных и маркшейдерских данных, проектирование горных работ за счет повышения квалификации персонала. **ГЖ**

*Мельник Виктор Борисович,  
e-mail: VMelnik@phosagro.ru*

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2014, № 10, pp. 79–84

<b>Title</b>	<b>Implementation of MineScape Mining and Geological Information System project in Apatit JSC mines</b>
<b>Author 1</b>	Name & Surname: <b>Melnik V. B.</b>
	Company: <b>Apatit JSC (Kirovsk, Russia)</b>
	Work Position: <b>Head of Technical Development Department</b>
	Scientific Degree: <b>Candidate of Engineering Sciences</b>
	Contacts: e-mail: <b>VMelnik@phosagro.ru</b>
<b>Abstract</b>	<p>The goal of the project on introduction of mining and geology information system (MGIS) was the advance in acquisition, storage, processing and transmission of geologic evidence and survey data, as well as the mine planning improvement.</p> <p>From the comparative analysis, MineScape Ventyx Intelligent Solution – MineScape (Switzerland) – was selected as the extremely competent system. Currently, MineScape is used in the following fields of activities: Geology, Surveying, Technology and Engineering Design. The main objectives are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• construction and permanent updating of the model of geological and engineering objects;</li> <li>• testing of mine planning procedures on the working model;</li> <li>• enhancement of quality and efficiency of geological-and-surveying service.</li> </ul> <p>Two mines were selected for the pilot MGIS introduction in 2013–2014: Tsentralny open pit mine and Kirovsky underground mine. An individual scheme of data base storage and processing within the integrated MGIS was developed for each mine, considering the features of mining. In 2015 Apatite JSC is scheduling the MineScape MGIS production run in the Tsentralny and Kirovsky mines.</p> <p>With MineScape introduced, it is anticipated to reduce:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• total mineral loss by 5%;</li> <li>• period of data processing, modeling and mine planning by 15%, owing to the efficient algorithms and automation of most frequently fulfilled operations;</li> <li>• time for geological exploration and survey data processing and mine planning by 20%, thanks to the personnel development.</li> </ul>
<b>Keywords</b>	Mine-and-geology information system, geological model, block modeling, mine survey support, mine planning.