

УДК 622.2

О.В. Наговицын, С.В. Лукичёв, А.Ю. Алисов

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Рассмотрена проблема, связанная с организацией автоматизации инженерного обеспечения геологических, маркшейдерских и технологических задач в едином информационном пространстве горного предприятия с открытым способом добычи полезных ископаемых. В качестве примера подобного решения приведена горная автоматизированная система MINEFRAME, направленная на повышение эффективности инженерного обеспечения горных работ.

Ключевые слова: интенсификация производственной мощности, временно нерабочие борты, этапная разработка месторождений.

Современное горное предприятие не может эффективно функционировать и быть конкурентоспособным, если не будет стремиться выпускать свою продукцию, повышая её качество, добиваясь снижения себестоимости с меньшими затратами времени. Использование широких возможностей компьютерной техники в производстве — простота и удобство хранения и обработки данных, высокие скорости вычислений, удобный графический интерфейс — позволяют связать воедино разрозненные задачи исследовательского характера, проектирования, планирования и оперативного управления горным производством. Внедрение компьютерных технологий, таким образом, может привести к сокращению временных затрат на подготовку и обработку данных, повысить эффективность их использования, ускорить разработку и обоснование оптимальных технических решений во все усложняющихся горно-геологических условиях ведения горных работ.

Среди многих инженерных задач горного производства можно выделить несколько связанных с собственно добычей полезного ископаемого:

это геологическое обеспечение, которое дает представление о полезном ископаемом, особенностях его залегания и пространственном распределении качественных показателей; маркшейдерское обеспечение — дает точную привязку места работ горного оборудования, производит расчет объемов добычи ПИ и складирования вскрышных пород, обеспечивает графическими материалами процесс проектирования и планирования горных работ, которым занимаются в свою очередь горные инженеры — технологи. Такая связка предопределяет и потребности совместного решения этих задач в автоматизированном режиме. Традиционно, исторически сложилось несколько вариантов такого решения, которые можно разделять, как по структуре используемых программных средств, так и по отношению к данным обрабатываемым каждым видом работ:

По структуре программных средств:

1. Для каждого вида работ применяется собственная программа;
2. Имеется интегрированная программная среда.

По отношению к данным:

1. Каждый вид работ использует свои данные хранимые в отдельных файлах;

2. Используется единая база данных.

Достоинства и недостатки сочетаний этих вариантов приведены в табл.

Конечно, в чистом виде не встречается ни один из четырех случаев, а имеются переходные варианты по обоим направлениям разделения, сложившиеся в результате исторического развития наборов программ и интегрированных горных пакетов. Причем, четкой тенденцией такого развития является переход от файловых способов хранения данных к использованию SQL серверов с развитой системой безопасного обращения с данными. Важным является наличие программной прослойки связывающей разные компоненты автоматизированного подхода. Обычно это выражается в наличии средств экспорта/импорта данных и правил определяющих особенности форматов обменных файлов. В связи с тем, что вышеуказанные виды работ (геология, маркшейдерия, технология) не ограничивают обмен данными только друг с другом, а обязательно отдают/принимает данные других автоматизированных решений в смежных областях, то такие средства имеются даже в интегрированных решениях высокого уровня [1].

Способы создания выходной документации также различаются для разных подходов. Инструменты генерации рабочих документов, в том числе и чертежей, позволяют перейти от трехмерных моделей проектируемых объектов к их двумерному образу с обеспечением точной объектной привязки, расстановкой размеров, с подготовкой отчетов с табличными и текстовыми данными. При формировании чертежей используются средства построения разрезов и планов, автоматического вынесения сеток, оформления элементов чертежа в соответствии со стандартами горной графики. Необходимость использования этих инструментов диктуется тем, что требуется обеспечить переход от трехмерных моделей, хранящихся в памяти компьютера, к техническим средствам (горнотранспортное оборудование), реализующим проектные решения через интерпретацию чертежа человеком. В системах автоматизации построенных на наборе разных программ естественным является генерация документов каждой программой, что не обеспечивает ни единообразия способов получения документов, ни вид и оформление самих документов. В интегрированных пакетах, напротив, как правило, имеется подсистема генерации отчетов и графической документации.

	Каждый вид работ использует свои данные хранимые в отдельных файлах	Используется единая база данных
Для каждого вида работ применяется собственная программа	Необходимы средства импорта/экспорта данных для совместной работы разных программ. Сложная организация многопользовательского режима работы. Дублирование и потери данных.	Отсутствуют единые подходы к обработке информации. Отсутствует стандартный интерфейс программ. Реализация многопользовательского режима затруднена вследствие проблем с безопасностью обращения с данными.
Имеется интегрированная среда	Затруднена организация многопользовательского режима работы. Дублирование и потери данных (файлов).	Имеются предпосылки для создания единого информационного пространства.

Рассмотрим более подробно задачи, решаемые при инженерном обеспечении открытых горных работ.

Основными задачами геологического обеспечения являются пополнение БД опробования данными эксплуатационной разведки, корректировка контактов рудных тел и пластов, определения качественных характеристик вовлеченных в отработку блоков и уступов. Использование уточненных моделей объектов геологической среды позволяет делать более точный прогноз качества минерального сырья, отгружаемого потребителям.

Маркшейдерское сопровождение горных работ обеспечивает реализацию проектных решений за счёт точной пространственной привязки объектов горной технологии. При этом, важнейшей задачей маркшейдерского обеспечения становится обеспечение адекватности между компьютерными моделями и реальными объектами горного производства. Это, с одной стороны, вынос в натуру запланированных к разработке блоков, участков, а, с другой стороны, корректировка моделей по мере ведения горных работ и изменения конфигурации горных выработок, отвалов, рудных складов. Для выполнения этих задач программные средства маркшейдерского обеспечения имеют инструменты для решения прямой и обратной геодезической задачи, нахождения координат точки методом прямой и обратной засечки, расчёта и уравнивания теодолитного хода, обработки данных тахеометрической съёмки. Наличие базы данных каталога маркшейдерских точек позволяет автоматизировать достаточно сложные алгоритмы пространственной привязки проектных и фактических моделей объектов горной технологии.

С использованием цифровых моделей поверхностей достаточно быстро решаются такие трудоёмкие задачи, как подсчёты площадей, опреде-

ление объёмов ПИ и вскрышных пород между последовательными положениями карьеров, отвалов, рудных складов.

Важной задачей инженерного сопровождения становится мониторинг состояния массива ПИ, на который влияют природные и техногенные процессы, и мониторинг технологических процессов, позволяющий на основе информации в реальном времени принимать оперативные решения. Например, мониторинг сейсмических событий, кроме информации об интенсивности и местах их возникновения, даёт возможность с помощью специализированных алгоритмов выделить потенциально опасные для ведения горных работ участки месторождения. Другим примером является мониторинг горно-транспортного оборудования на карьерах. Кроме решения чисто диспетчерских задач по управлению транспортом и оборудованием он является важным элементом оперативного управления, так как позволяет в автоматизированном режиме отслеживать процесс выемки и перемещения объёмов ПИ и вскрышных пород.

Планирование горных работ является одним из важнейших процессов, который определяет последовательность работ в рабочей зоне карьера. Для решения задач планирования предназначены инструменты оценки объёмных и качественных показателей выемочных единиц. Исходными данными для процесса планирования являются плановые показатели добычи по объёму и качеству руды, объёмы выемки вскрыши, направление развития горных работ, положение карьера и объёмы вскрытых и готовых к выемке запасов ПИ на начало планируемого периода, геология обрабатываемого участка, особенности размещения транспортных коммуникаций, производительность основного горно-транспортного оборудования и мно-

гие другие технологические параметры. Формируемые в процессе планирования модели прирезок создаются специальными инструментами геометрического моделирования. В их структуре содержится информация об объёме и качестве ПИ с разбивкой на разновидности горных пород, представленных моделями геологических объектов (рудные тела, пласты, безрудные зоны и т. д.).

В процессе текущего планирования необходимо формировать график работы оборудования. Используемые для этого инструменты позволяют создать ежемесячный график работы экскаваторов и буровых станков. Он содержит информацию о размещении экскаваторов по горизонтам карьера, их состоянии на каждый день (ППР, добыча руды или вскрыши, перегоны и пр.). В графике отображаются данные по объёмам горной массы и руды на начало и конец месяца, а также объёмы, добытые конкретным экскаватором с каждого горизонта, размещение буровых станков и метраж пробуренных скважин.

Инструменты сменно-суточного планирования обеспечивают распределение и контроль нагрузки на добычной забой таким образом, чтобы при соблюдении плановых качественных характеристик суммарного грузопотока достичь его объёмных показателей. Для обеспечения такого режима работы необходимо иметь модели выемочных единиц, модель развала горных пород с прогнозом распределения качества опробованных компонентов и модели экскаваторных заходок. Модели заходок формируются с учетом направления отработки, они разбиты на множество элементарных подвижек одинакового объёма, для каждой подвижки также рассчитаны прогнозные показатели качества опробованных компонентов.

Одним из самых трудоёмких и сложных видов инженерной деятельности при ведении открытых горных работ является проектирование массовых взрывов. Сложность обусловлена значительным объёмом горно-геологической информации, необходимой для их проектирования. Характер используемых при проектировании данных требует взаимодействия различных производственных служб горного предприятия. Необходимо иметь данные о фактическом положении бровок уступов, высотных отметках площадок, геометрии предохранительных валов, неподобренных развалов породы от предыдущих взрывов и координатах следов скважин ранее взорванных вышележащих блоков. Достоверная информация об упруго-прочностных характеристиках ГП позволяет наиболее точно спрогнозировать зоны регулируемого дробления.

Рассмотрим, на примере нескольких горных предприятий разрабатывающих открытым способом весьма разнотипные месторождения, варианты внедрения автоматизированных технологий инженерного сопровождения геологических, маркшейдерских и технологических работ. Предприятия используют систему автоматизированного проектирования, планирования и сопровождения горных работ MINEFRAME.

Рудники Восточный и Центральный ОАО «Апатит».

ОАО «Апатит» является крупнейшим предприятием по добыче и переработке апатито-нефелиновых руд в мире. Добыча ведется на месторождениях Хибинской группы и составляет более 80 % общероссийской добычи апатита и около 100 % нефелина.

Была проведена большая работа по формированию БД геохимического опробования как на Восточном (Коашвинское, Ньоркпахкское место-

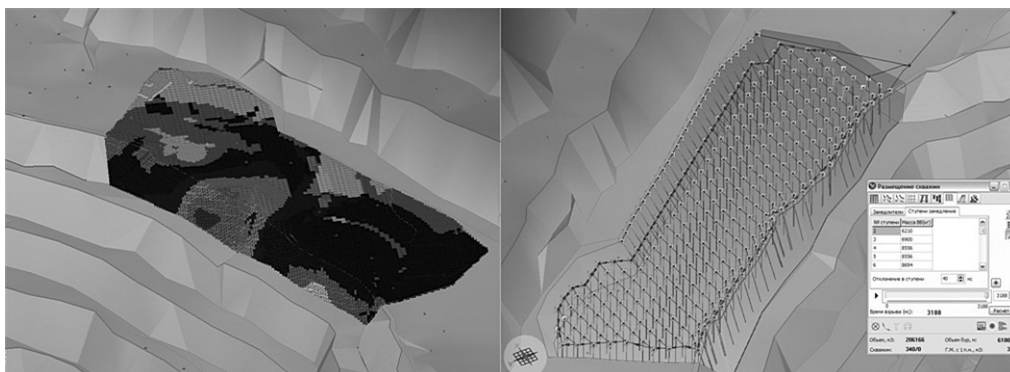


Рис. 1. Проектирование массовых взрывов

рождения) так и на Центральном рудниках. Для этих месторождений были созданы векторные модели рудных тел по имеющимся системам разрезов. Построение векторных и каркасных моделей рудных тел осуществлялось силами геологических служб рудников, и характеризовалось достаточно плотной разведочной сетью скважин, весьма сложным строением залежей Коашвинского и Ньюкпахкского месторождений [2].

Инструменты для автоматизации решения маркшейдерских задач применительно к открытым горным работам решаются с использованием Редактора маркшейдерских точек. Редактор позволяет обрабатывать файлы различных моделей электронных тахеометров, добавляя полученные точки съемки в модель редактируемого объекта или в каталог точек съемочного обоснования. С использованием этого инструмента, корректируются модели поверхности карьеров, выемочных единиц, определяется фактическое положение взрывных скважин, развалов, складов и штабелей руды, отвалов, насыпей, траншей и пр. Используются инструменты автоматизированной подготовки горной графики, такой как разрезы, планы, профили автодорог.

На Восточном руднике проводится опытно-промышленная проверка системы автоматизированного проектирования массовых взрывов. Исходными данными для проектирования являются положение уступов карьера на момент проектирования. Процесс автоматизированного проектирования взрывного блока включает несколько последовательных шагов, результатом выполнения которых является цифровой проект массового взрыва (рис. 1).

На сегодняшний день структура автоматизированных рабочих мест системы MINEFRAME на Восточном руднике включает следующие рабочие места: 2 геолога, 6 маркшейдера, 3 технолога. Работа ведется с локальными базами данных, размещенными на пользовательских рабочих станциях. Ведутся работы по запуску сервера баз данных и перехода на многопользовательский режим работ с удаленной БД.

Карьеры ОАО «Боксит Тимана»

Вежаю-Ворыквинское месторождение бокситов расположено на территории Княжпогостского района в северо-западной части Республики Коми, в 160 км к северо-западу от г. Ухта. Бокситы Вежаю-Ворыквин-

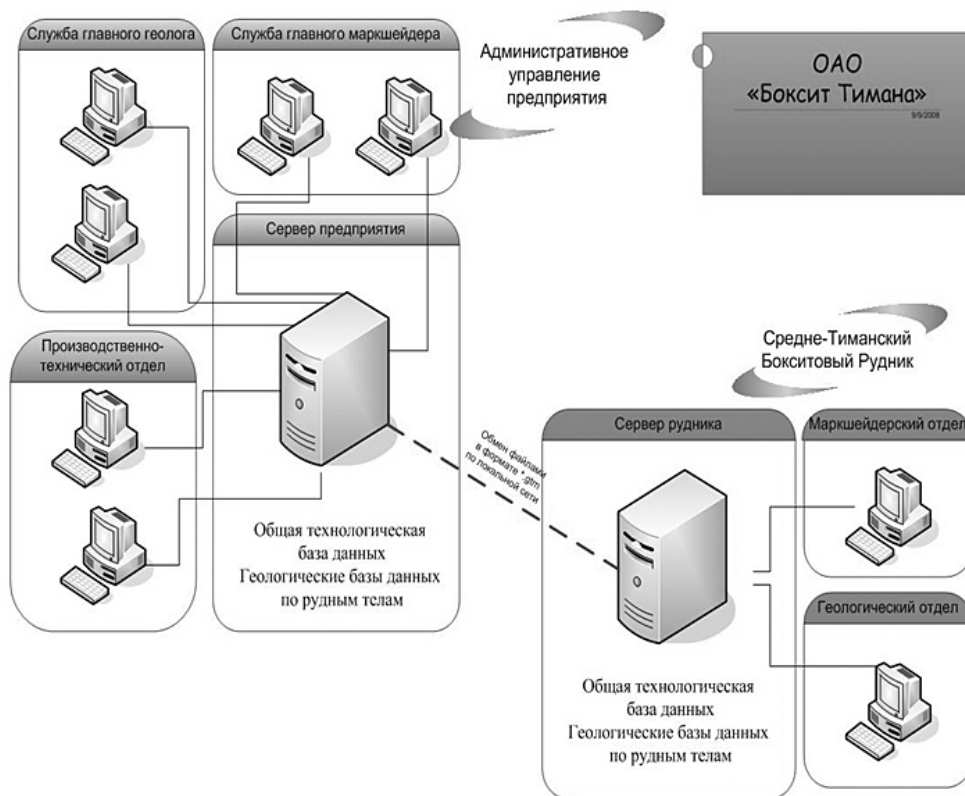


Рис. 2. Сетевая структура и рабочие места MINEFRAME

кого месторождения приурочены к верхней части коры выветривания девонского возраста, имеющей площадное развитие по метаморфическим породам рифейской свиты: доломитам, доломитизированным известнякам с подчиненными прослоями мергелей и хлорит-серицит глинистых сланцев [3].

База данных моделей объектов горной технологии расположена на центральном сервере. В главном офисе предприятия организовано 6 рабочих мест MINEFRAME (рис. 2): 2 места маркшейдера, 2 — геолога, 1 — технолога открытых горных работ, 1 — технолога БВР. На промп-

лошадке рудника установлены по одному рабочему месту геолога и маркшейдера. Полевые измерения производятся электронными тахеометрами. После проверки и обработки результатов данные добавляются в объект съемки или в каталог маркшейдерских точек. Перед построением каркасной модели карьера проверяется общее состояние объекта. Особое внимание уделяется правильности соединения контуров, их принадлежность к элементам карьера, наличие двойных точек, а так же точек предыдущих съемок.

В настоящее время в разработке находится Ворыквинская группа ме-

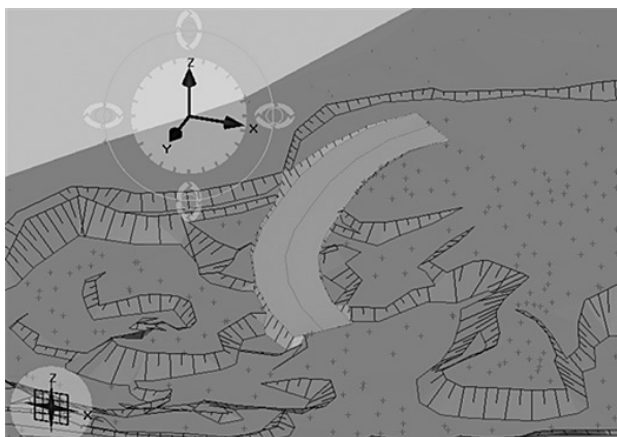


Рис. 3. Построение съезда

сторождений боксита, обрабатываются 3 рудных поля. По всем построены и активно используются в работе модели рудных тел.

При построении рудных тел, выделение сортов и кондиционных руд производится по величине комплексного показателя качества $A_{пр.} = Al_2O_3 - 2 \cdot SiO_2$. Рудные тела частично перекрыты базальтом, для расчета объемов скальной вскрыши и для составления проектов БВР построены модели базальтов. Производится выделение рудных интервалов по заданным кондициям. По значению бортового содержания, минимальной промышленной мощности, и мощности максимально допустимых безрудных прослоев происходит объединение проб в кондиционные интервалы. Для построения модели рудного тела, используется ранее созданная БД опробования с посчитанными кондиционными интервалами. По построенным моделям создаются блочные модели, проводится расчет качественных показателей, ведется подсчет запасов, они используются при планировании горных работ.

Производственно-технический отдел оценивает текущее состояние горных работ, полноту выемки полезного ископаемого. Выбираются места

для заложения новых блоков на плановый период, моделируются блоки, как для производства вскрышных работ, так и для добычных (по бокситу). После создания блоков моделируется сетка бурения скважин, с учетом физико-механических свойств горных пород, с указанием глубин скважин и их нумерацией. Также моделируются съезды, места заложения основных транспортных магистралей (рис. 3).

При подготовке планов развития горных работ на следующий месяц (год) после проектирования блоков производится перестроение бортов карьера на конец планируемого периода, с учетом выемки этих блоков.

ОАО «Оренбургские минералы»

Киембаевское месторождение хризотил-асбеста, которое разрабатывает комбинат «Оренбургские минералы», находится в Ясенском районе Оренбургской области. Месторождение приурочено к скальному, трещиноватому комплексу пород. Оно разрабатывается открытым способом, горизонтальными слоями высотой 15 метров с применением буро-взрывных работ.

Базы данных MINEFRAME располагаются в центральном офисе предприятия, все специалисты, а это 2 рабочих места геолога; 2 рабочих места маркшейдера и 3 рабочих места технолога, работают в многопользовательском режиме с разграничением полномочий доступа к данным. В БД было введено более трех тысяч скважин и почти семнадцать тысяч проб. Эти данные постоянно пополняются. По данным опробования были построены модели 6 рудных тел (залежей). Выявлены закономерности изменчивости распределения полезных ископаемых (рис. 4). Построение

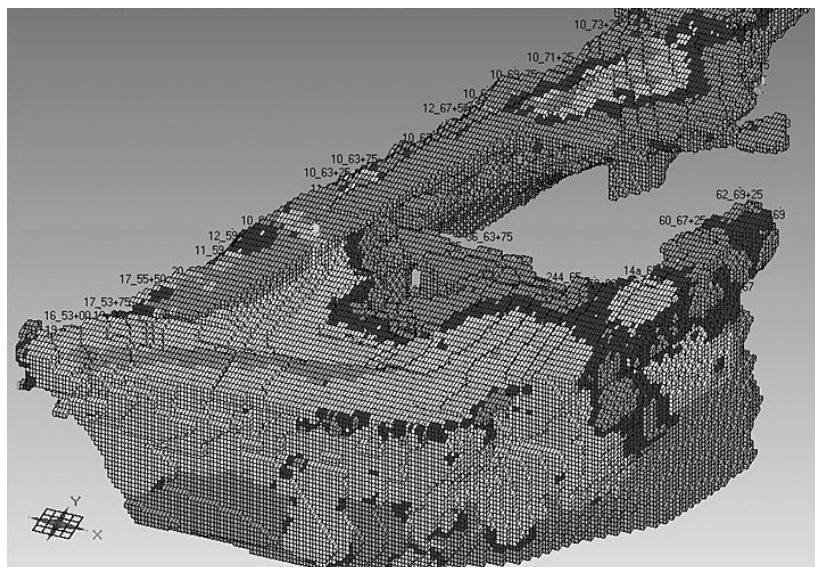


Рис. 4. Пространственная модель изменчивости содержания по компоненту $\alpha\gamma$

цифровых моделей рудного тела и карьера упрощает процесс планирования горных работ, позволяя оценить количество и качество добываемой руды при различных вариантах ведения горных работ [4].

Маркшейдерская служба ведет съёмку и вынос скважин БВР и отметок площадок для построения блоков массовых взрывов. Производит построение фактического положения на модели карьера, расчет объёмов добычи, отрисовку графических материалов.

При планировании горных работ производится построение моделей прирезок, расчёт качества в прирезках и шихты в целом, по месяцу, поквартально и на год. Делается расчет количества и качества руды в отдельных зонах карьера, целиком по карьеру с разными его временными положениями, с учетом положения по проекту на конец отработки. В процессе планирования идет построение всей графики, необходимой для ведения горных работ. Также технический отдел ведет автоматизированное составление пас-

портов на бурение блоков и проведение взрывных работ.

Заключение

Для успешного внедрения автоматизированных методов в технологический процесс инженерного обеспечения горных работ на действующих предприятиях, автоматизированное решение должно обладать адаптационным потенциалом по следующим направлениям:

1. Организация структуры моделируемых объектов горной технологии.
2. Организация взаимодействия между инженерными службами, вовлеченными в процесс инженерного обеспечения горных работ.
3. Обеспечение возможностей экспорта/импорта данных.
4. Организация многопользовательского режима доступа к данным.
5. Выпуск отчетов, горной графической документации.

Наличие таких возможностей создает реальные предпосылки для создания автоматизированной техноло-

гии решения маркшейдерских, геологических и технологических задач открытых горных работ с использованием

единой базы данных горно-геологических объектов, в едином информационном пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукичев С.В., Наговицын О.В. Комплексное решение задач горной технологии в едином информационном пространстве горного предприятия: Сб. статей. Отдельный выпуск Горного информационного бюллетеня. — Москва, 2009. № ОВ11, — С. 37—45.

2. Свинин В.С., Запорожец В.Ю., Лукичев С.В., Наговицын О.В. Автоматизированное планирование и проектирование горных работ на рудниках ОАО «Апатит». Компьютерные технологии при проектировании и планировании горных работ: Сб.тр. Всероссийской научной конференции с международным участием, 23—26 сентября 2008 г. — Апатиты; СПб.: Реноме, 2009. с. 48—53.

3. Наговицын О.В., Корниенко А.В., Баков В.П. Автоматизация решения задач

горной технологии в едином информационном пространстве. Компьютерные технологии при проектировании и планировании горных работ: Сб.тр. Всероссийской научной конференции с международным участием, 23—26 сентября 2008 г. — Апатиты; СПб.: Реноме, 2009. с. 188—194.

4. Степачева А.В., Николаев Ю.М. Создание геологической модели Кiemбаевского месторождения хризотил-асбеста. Компьютерные технологии при проектировании и планировании горных работ: Сб.тр. Всероссийской научной конференции с международным участием, 23—26 сентября 2008 г. — Апатиты; СПб.: Реноме, 2009. с. 162—166. **ПДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Наговицын О.В. — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: Nagovitsyn@goi.kolasc.net.ru,

Лукичев С.В. — доктор технических наук, зав. лабораторией, e-mail: Lu24@goi.kolasc.net.ru,

Алисов А.Ю. — младший научный сотрудник, e-mail: Alisov@goi.kolasc.net.ru, Горный институт Кольский научный центр Российской академии наук.



В ИРАНЕ ОТКРЫТО БОГАТОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

В иранской пустыне Лут открыто богатейшее месторождение высококачественной железной руды.

Об этом в Исфагане в ходе церемонии открытия комплекса по производству губчатого железа заявил президент Ирана Махмуд Ахмадинежад. По его словам, руда в пустыне Лут имеет 95% содержания железа, сообщает SalamNews со ссылкой на FarsNews.

«В последнее время обнаружено месторождение, запасы которого оцениваются в 50 млрд. т железа», — сообщил президент.

Отметим, что Иран занимает 3 место в Азии и 11 место в мире по запасам железа.