УДК 550.8+681.3.06

А.В.КОЗЛОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ И ОСВОЕНИИ НЕДР РОССИИ

На международной конференции, которая прошла в СПГГИ (ТУ) в апреле 2004 г., обсуждались возможности использования компьютерных технологий при разведке и разработке месторождений, нормативно-правовые проблемы их применения и вопросы подготовки квалифицированных кадров. Своевременное и поддержанное нормативно-методической базой внедрение геоинформационных систем (ГИС) в геологическую службу России позволило достичь современного уровня составления государственных геологических карт, в то время как применение компьютерного моделирования для обработки и анализа геолого-разведочных данных до сих развивается стихийно, что ограничивает их использование для подсчета запасов и утверждения их в Государственной комиссии по запасам. Предлагаемые рядом компаний программные продукты для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых характеризуются близостью идеологии и алгоритмической основы анализа и обработки геолого-разведочных данных, что позволяет при подготовке специалистов акцентировать внимание на ключевых элементах программных систем, важнейшими из которых являются методы статистического анализа данных и геостатистика. Базовая подготовка по геологическим дисциплинам должна сохранять приоритет. Государство должно быть заинтересовано в увеличении точности, достоверности и оперативности оценки и переоценки природных ресурсов и являться гарантом достоверности запасов полезных ископаемых, разведанных в его недрах. Альтернативой будет развитие системы независимой экспертизы, осуществляемой частными экспертами, компетенцию которых признает система кредитования, которая действует во многих странах и доказала свою эффективность.

The international conference, with participation of large companies-producers and enterprises-users of the special program systems, carried out in SPbSMI (TU) in April, 2004, has considered new possibilities open by computer techniques in designing and operation of mining, legal-regulating problems of their applying and questions on training-up the qualified specialists. Due to helpful support of geoinformation systems (GIS) the Russian geological service has already achieved the modern level of mapping. But in the mining companies application of computers for data processing and control of mining operation is developed elementally, with limited possibility of using for evaluation of recoverable reserves, and their official approve in the State Expertise Commission (SEC). Special program systems, supplied in Russia by several foreign companies for computer modeling of mineral deposits, have, in general, the similar ideology and algorithmical base of processing the exploration data. This allows to focus in training of their users-specialists upon the key elements of those program systems, and the most important among them statistic methods and geostatistics. At the same time the fundamental geological education of these students remains the priority. In general, the State should be interested in geological certainty of explored mineral reserves, operativeness of their evaluation and re-evaluation, as the guarantor of values of the national natural resources. The alternative situation assumes the appraisal of mineral deposits by independent experts – the specialists with competency recognized by the proprietary system of crediting. Efficiency of this scheme was already proved in many countries.

Научно-практическая конференция по проблемам, обозначенным в названии статьи, была проведена в Санкт-Петербургском горном институте в апреле 2004 г. при поддержке ОАО «Суал-Холдинг», ОАО «Всероссийский алюминиево-магниевый институт (ВАМИ)» и компании «Micromine Pty Ltd» (Австралия). Целью конференции был анализ возможностей, которые открывают компьютерные технологии в моделировании геологической среды, при проектировании и проведении разведки и разработки место-

рождений полезных ископаемых. В этом контексте были обсуждены и возникающие нормативно-правовые проблемы внедрения технологий в геолого-разведочную практику России, а также вопросы подготовки квалифицированных кадров для их эффективного использования.

В последние годы в геологической службе страны внедрение компьютерных технологий развивалось достаточно активно, накоплен опыт их эффективного использования при региональных геолого-съемочных работах. Применение геоинформационных систем (ГИС) позволило за короткий срок вывести картосоставительские работы на современный мировой уровень. Разработана нормативно-правовая документация, регламентирующая содержание и формы представления материалов государственной геологической съемки, использование современных компьютерных систем для подготовки унифицированных баз данных и построения на их основе геологических карт в «оцифрованной», электронной форме. На этой основе был создан ГИС-атлас геологических карт различного содержания и информационные базы по субъектам РФ и федеральным округам, открывающие новые возможности для анализа геологического строения территорий и оценки их ресурсной базы[*].

К сожалению, Министерство природных ресурсов России не распространило этот опыт далее – на создание методической и нормативно-правовой базы использования компьютерных технологий при моделировании месторождений твердых полезных ископаемых, при подсчете и экспертизе их запасов. При этом в динамично развивающихся горно-добывающих отраслях широкое внедрение компьютерных систем стало объективной необходимостью: в современных условиях без них невозможен оперативный учет движения запасов и оптимизация горного производства. Во многих горнорудных компаниях появился опыт успешного применения компьютеров для обработки разведочных данных и управления добычей. Этот процесс стимулируется требованиями мирового рынка, но до настоящего времени в России он развивается стихийно.

В развитых горно-промышленных странах (Австралия, Канада, ЮАР и др.) давно уже созданы технологии подсчета запасов на основе компьютерных моделей, методическое и нормативно-правовое обеспечение их применения. Нормативная база включает и классификации запасов, которые содержат унифицированные определения категорий запасов по степени их разведанности (достоверности) и экономическому значению, регламентируют порядок оценки и экспертизы[**]. Эти классификации согласованы с фондовыми биржами, и состояние ресурсной базы добывающих компаний непосредственно отражается на их капитализации и кредитоспособности.

Как пример современного горно-промышленного регламента можно рассматривать «Австралазийские нормы и правила по составлению отчетов о минеральных ресурсах и запасах руды», подготовленные Объединенным комитетом по запасам Австралазийского института по горным делам и металлургии, Австралийским институтом геологических наук и Советом по полезным ископаемым Австралии. Документ называется «JORC Code» или «Нормы и правила JORC» (Joint Ore Reserves Committee). Его содержание во многом аналогично инструкциям ГКЗ РФ (СССР), а по назначению он обеспечивает создание достоверной базы для капитализации запасов и включения их стоимости в цены акций. В требованиях к отчетной документации по подсчету запасов этот кодекс устанавливает следующие руководящие принципы: *ясность*, *содержательность*, *компетентность*.

Регламент геолого-разведочных работ, действовавший в системе Министерства геологии СССР (1954-1991), вполне соот-

[*] *Морозов А.Ф.* Государственное геологическое изучение и выявление ресурсного потенциала перспективных территорий суши России // Минеральные ресурсы России. 2003. № 1-2. С.44-55.

[**] *Кривцов А.И.* О проекте концепций классификации ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых и стадийности геолого-разведочных работ / А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский // Минеральные ресурсы России. 2003. № 1-2. С.78-85.

ветствовал этим принципам. Их соблюдение контролировалось при оценке качества разведочных работ и экспертизе запасов в Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ). В качестве экспертов ГКЗ привлекала ведущих геологов с многолетним опытом разведочных работ на месторождениях конкретного вида минерального сырья; их компетентность и авторитет специалиста в своей отрасли были обязательным условием работы. Содержательность геологических отчетов с подсчетом запасов строго регламентировалась методическими указаниями о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ. Для крупных месторождений такие отчеты включали 100 томов и более с многочисленными графическими материалами и текстовыми приложениями.

Система обеспечивала высокую достоверность оценки запасов минерального сырья в недрах, методика их подсчета регламентировалась «Инструкциями по применению классификации запасов». В содержании инструкций был обобщен многолетний опыт разведки и разработки месторождений; на его основе были определены требования к выбору систем разведки, необходимой плотности разведочной сети, методике опробования и т.д. Случаи существенного неподтверждения запасов при добыче были весьма редки, негативный опыт анализировали и учитывали при обновлении инструктивных материалов.

Для советского времени были типичны и свои недостатки в подсчете и учете запасов минерального сырья. Нередко при утверждении в ГКЗ запасы месторождения занижали из-за формальной требовательности, решительного исключения из подсчета блоков, представлявшихся «недостаточно обоснованными», из-за неполного учета фактора ураганных проб и по другим причинам. Бывало, что участки запасов высокого качества скрывали как страховку для будущего выполнения планов добычи, которые в системе централизованного планирования всегда составлялись как «напряженные планы».

Одной из характерных ошибок подсчета запасов было так называемое «изменение представлений о геологическом строении месторождения с началом добычных работ». Характерные примеры такого рода – Гайское медно-колчеданное месторождение на Урале, Северный участок Соколовского магнетитового месторождения в Тургае и др. В этих случаях при правильной оценке общего объема запасов в материалах подсчета неточным оказывалось их пространственное положение в недрах, неверно было выполнено оконтуривание подсчетных блоков из-за ошибочного представления о строении залежей. Такого рода «ошибки аналогии» имеют объективную природу, поскольку геолого-разведочная информация всегда является случайной и вероятностной.

Выразительный пример последних лет – Коашва, крупнейшее апатитовое месторождение Хибин. При его вскрытии карьером в 1980-е годы выяснилось, что, при общем подтверждении суммарных запасов по горизонтам добычи, реальные блоки балансовой руды смещены относительно контуров, показанных на подсчетных разрезах детальной разведки. На некоторых участках погрешность геометризации запасов достигает 90 %. С тех пор, более 20 лет, оперативное планирование добычи требует постоянного проведения опережающей эксплуатационной разведки с высокой плотностью бурения (25×25 м), что означает дополнительные затраты в себестоимости добываемой руды.

Коашвинское месторождение – характерный пример «ошибок аналогии»: при проведении его разведки предполагалась пластовая модель залежи, как на других ранее освоенных рудных полях Хибин (Кукисвумчорр, Юкспор, плато Расвумчорр и др.). На самом деле структура рудной зоны оказалась гораздо сложнее: включает многочисленные крупные линзовидные тела апатитовых руд, расщепляющиеся и разделенные безрудными прослоями. В настоящее время ведется подготовка проекта «Большая Коашва» со строительством крупного подземного рудника. Компьютерное моделирование месторождения с геостатистическим анализом в этих условиях аб-

солютно необходимо: для достоверного оконтуривания рудных тел или, по крайней мере, для обоснования группы сложности его строения.

При всем богатейшем опыте и традициях отечественной геологической службы современные компьютерные технологии моделирования месторождений и подсчета запасов имеют ряд безусловных преимуществ по сравнению с традиционными методами.

1. Применение более совершенного математического аппарата для статистической оценки параметров оруденения и выявления геостатистических закономерностей его распределения; корректная интерполяция и экстраполяция данных опробования, более точное оконтуривание рудных тел, учет деталей их внутреннего строения.

2. Оперативная корректировка компьютерной модели месторождения и отдельных его блоков по мере поступления новой разведочной информации.

3. Использование однажды созданной блочной модели залежи для оперативного пересчета запасов при разных вариантах кондиций.

4. Высокая скорость расчета всех параметров, необходимых в качестве исходных данных для подсчета запасов.

5. Применимость компьютерной модели месторождения для работы со специальными программными продуктами при решении задач проектирования и оперативного управления добычей.

Определились и объективные трудности внедрения современных программных продуктов в практику геолого-разведочных работ в России.

1. Отсутствие специалистов с необходимым комплексом навыков: владение программными системами моделирования месторождений; знание статистических методов и геостатистики, определяющих идеологию и алгоритмы программ; практический опыт геолого-разведочных работ на моделируемых месторождениях. Отсутствие любого из этих слагаемых ставит под сомнение компетентность исполнителя компьютерной модели и подсчета запасов.

2. Отсутствие методической и нормативно-правовой базы применения компьютерных технологий, что ограничивает их использование для подсчета запасов, утверждаемого в ГКЗ.

3. Действующая классификация запасов твердых полезных ископаемых не адаптирована к их оценке на основе компьютерного моделирования, что делает проблематичным объективное определение категории разведанности.

Первый пункт в этом перечне затрагивает и деятельность Горного института как высшего учебного заведения, готовящего специалистов по геологии, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых. Уровень подготовки выпускников должен обеспечивать их конкурентоспособность на рынке специалистов горно-геологического профиля. Во всем мире состоялся переход к компьютерным системам хранения и обработки геолого-разведочных данных, моделирования месторождений и подсчета их запасов. Этот процесс стал необратимым и в России, значит, на специалистов такого профиля будет спрос, и он будет расти. Уже сейчас необходимо включать обучение специальным компьютерным технологиям в учебные планы, еще лучше было бы принять эти меры вчера.

Однако не следует поддаваться искушению радикального реформирования, как бывало в периоды резких социально-экономических перемен. Лучше точнее определить основные тенденции развития отрасли и в подготовке специалистов ориентироваться на реальные перспективы. Базовая подготовка по геологическим дисциплинам, как и раньше, должна сохранять приоритет. При большом разнообразии программных продуктов для моделирования месторождений и подсчета запасов, которые существуют на рынке компьютерных систем и с которыми могут столкнуться выпускники в практической работе, обучение в этой сфере не может сводиться к освоению одного из них.

Вероятно, учебная программа курса моделирования месторождений должна концентрироваться на углубленном изучении ключевых элементов в составе специ-

альных компьютерных систем, независимо от частных особенностей той или иной версии. В первую очередь, таким элементом являются методы геостатистики, которые во всем мире рассматриваются как обязательный вид анализа разведочных данных и реализуются в алгоритмах всех современных программ моделирования месторождений. Без глубокого понимания математических процедур обработки первичной геологической информации результаты применения компьютерных технологий теряют свои преимущества. При обучении студентов должны быть использованы программные продукты, апробированные на материале широкого круга месторождений разных видов полезных ископаемых, в их русифицированной версии, и с опытом успешного применения на горно-геологических предприятиях России.

В соответствии с государственным образовательным стандартом для направления «Прикладная геология» объем часов, выделяемый для обучения методам моделирования месторождений, весьма ограничен. Возможны два выхода: 1) ограничиваться общим ознакомлением студентов с одной из типовых специальных программ; 2) создавать новую специальность «Компьютерное моделирование геологической среды», в учебный план которой включить и теоретическую базу, и практические навыки работы с программными системами для моделирования месторождений полезных ископаемых и других геологических объектов. Второе направление рассматривается в СПГГИ (ТУ) как магистральная перспектива совершенствования подготовки специалистов горно-геологического профиля.

Объективно государство заинтересовано в повышении достоверности, точности и оперативности оценки и переоценки природных ресурсов. В настоящее время МПР РФ декларирует политику приоритетного финансирования работ только общегеологического назначения; затраты на проведение поисково-разведочных работ и связанные с ними риски целиком перекладываются на компании, приобретающие лицензии. Но и при таком распределении прав и обязанностей между частными компаниями и государством его роль в лице ГКЗ остается определяющей в контроле за достоверностью подсчета запасов. В соответствии с федеральным законом «О недрах» (ст.29), ГКЗ имеет статус «специально уполномоченного государственного органа Российской Федерации по государственной экспертизе запасов полезных ископаемых». Иными словами, государство является гарантом достоверности запасов полезных ископаемых, разведанных в его недрах.

При всех изменениях системы хозяйствования в России для правильных управленческих решений в сфере недропользования и обеспечения ресурсами требуется точная информация о геолого-экономических параметрах месторождений всех видов минерального и топливно-энергетического сырья. Если раньше занижение запасов не рассматривалось как серьезная ошибка их подсчета, то сейчас их размер непосредственно отражается на капитализации и кредитоспособности компаний-недропользователей. В последние годы наметилась тенденция целенаправленного завышения запасов, отчетливо проявленная у некоторых крупных нефтяных компаний. С легкой руки НК ЮКОС, едва ли не решающая роль в оценке достоверности разведочных данных стала принадлежать иностранным аудиторским компаниям; государственным органам необходимо внимательней относиться к своей функции главного эксперта в сфере изучения недр страны.

Введение компьютерных технологий в практику геолого-разведочных работ заслуживает организационного оформления государственной программой с целевым финансированием. Она необходима как способ упорядочить процесс, который пока развивается стихийно, как механизм подготовки методической и нормативной документации.

Освоение компьютерного моделирования открывает для добывающих предприятий принципиально новые возможности: на месторождениях со сложным распределением содержаний оценивать запасы, как величину поливариантную, вести оперативное

планирование добычи с учетом изменения цены сырья и т.д. С другой стороны, учет движения запасов, отчетность и контроль базируются на величине запасов, подсчитанной традиционными методами и утвержденной органами государственной экспертизы. В этих условиях, в обстановке переходного периода, целесообразно сохранить проверенный временем принцип: вариант подсчета запасов, утвержденный ГКЗ МПР (СССР), является базовым для проекта разработки месторождения. И в то же время требуют первоочередного решения следующие задачи.

1. Проведение исследований по сопоставлению результатов подсчета запасов традиционными методами и на основе компьютерных блочных моделей для различных типов месторождений, анализ причин расхождений и публикация полученных данных.

2. Разработка критериев, определяющих допустимые значения расхождений и условия, при которых необходимы пересчет и переутверждение запасов в ГКЗ.

3. Привлечение специалистов, владеющих технологиями компьютерного моделирования, к работе в органах государственной экспертизы и контроля за недропользованием (ГКЗ, ТКЗ и др.).

4. Разработка новой классификации запасов и прогнозных ресурсов с учетом новых технологий моделирования геологической среды и обработки разведочных данных, с введением количественных критериев вероятности подтверждения ресурсов и степени разведанности запасов (как меры геологического риска для проектов освоения).

5. Организация образовательной системы повышения квалификации геологов в освоении компьютерных систем моделирования геологической среды, подсчета запасов и оценки месторождений.

6. Разработка, на переходный период, методических рекомендаций к составу рабочих групп подсчета запасов месторождений на основе их компьютерного моделирования: с обязательным сотрудничеством специалистов по применению программных систем и геологов-практиков с опытом разведки месторождений конкретного типа.

В интересах государства от сотрудников Министерства природных ресурсов РФ и ГКЗ следует ожидать целенаправленных действий по приведению технологий подсчета запасов минерального сырья к уровню реальных мировых стандартов, с соответствующими преобразованиями в органах экспертизы. Государственным структурам необходимо, по существу, просто реализовать свое право на регулирование процедуры учета минеральных ресурсов страны. Альтернативой их пассивности станет развитие системы независимой экспертизы, осуществляемой частными экспертами, компетенцию которых признает частная система кредитования. Такая схема отношений действует во многих странах, доказала свою эффективность и, вероятно, может быть приемлемой и в России.