

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ



Д. В. Яковлев,
генеральный директор,
проф., д-р техн. наук
(ОАО «ВНИМИ»)



С. В. Шаклеин,
ведущий научный сотрудник,
д-р техн. наук
(Институт угля и углехимии СО РАН)

Необходимость больших капиталовложений в горную промышленность и повышенный риск этих вложений побуждают государственные и инвестиционные институты постоянно повышать требования к надежности и достоверности геологической информации о недрах. Недооценка данного вопроса может привести к крупным техническим просчетам и финансовым потерям. Так, например, широкий резонанс в России, как и во всем мире, получила история с золотомедным месторождением Бусанг в Индонезии, которую многие считают крупнейшей аферой XX в. После заявления в 1995 г. канадской венчурной компанией Bre-X Minerals об открытии на о. Борнео объекта с запасами золота порядка 2000 т капитализация акций этой компании достигла 6 млрд долл. США. В 1997 г. при составлении ТЭО эксплуатации месторождения независимой компанией Strathcona Mineral Services Ltd. (Канада) были выявлены факты недостоверности геологических данных, что привело к катастрофическому падению акций Bre-X Minerals. Потери обманутых акционеров оцениваются в 1,5 млрд долл.

С 1 января 2008 г. в России введена в действие новая «Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых». Принятое в ней разделение запасов по степени их достоверности в целом соответствует известной системе JORC (Joint Ore Reserves Committee), но несколько более детализировано. В отличие от предшествующей редакции 1997 г., новая «Классификация...» впервые в целях повышения надежности геологических оценок содержит требование о том, что «При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя должны использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров».

Проектные решения по строительству и эксплуатации угольных предприятий зачастую выбираются с использованием геологических моделей, построенных на основе недостоверных геологических

данных. В связи с этим весьма актуальной проблемой является разработка методики оценки достоверности геологической информации. Такая методика одинаково важна при экстенсивном и интенсивном развитии угледобычи в России. При этом под экстенсивным развитием понимается разведка и вовлечение в промышленное освоение новых участков месторождений, под интенсивным — повышение полноты использования недр за счет внедряемых новых технологий добычи, обеспечивающих перевод нерентабельных запасов в рентабельные.

По мнению большинства специалистов в области энергосырьевого обеспечения, в ближайшей перспективе мировое сообщество столкнется с дефицитом энергоресурсов. Наиболее неприятным в этой ситуации является то, что в последние годы были резко переоценены в сторону занижения мировые ресурсы угля: с 1980 по 2005 г. их объемы были сокращены в два раза. Таким образом, надежды человечества на то, что уголь является

хотя и нежелательным, но гарантированным источником энергии, как минимум, на ближайшие 250 лет, не оправдываются. При этом резкое сокращение ресурсов и запасов угля связано не с отсутствием его в недрах как такового, а с отсутствием технологий рентабельной и безопасной добычи их основной части, т. е. с экстенсивным путем развития мировой угольной отрасли.

Это в полной мере относится и к Кузнецкому угольному бассейну. В настоящее время здесь числится 51 млрд т запасов (в 1980 г. — 68 млрд т, темпы сокращения — 630 млн т/год), из которых примерно 30 % уже освоено промышленностью или находится в стадии освоения. Основная часть остальных запасов, равно как и ресурсов (395, в недавнем прошлом 733,4 млрд т), преимущественно находится на значительных глубинах и в сложных геологических условиях, не обеспеченных современными технологиями добычи. Основную роль в отмеченных темпах снижения запасов играют

не столько объемы добычи и потерь угля, сколько постоянное переосмысление технологической значимости запасов с эксплуатационных позиций. Отсюда следует, что ориентация угольных предприятий на достаточно узкий спектр традиционных технологий (для угольных шахт это, например, применение «длинных столбов по простиранию» в сочетании с механизированными комплексами) уже начала вступать в противоречие с требованиями недросбережения.

Развитие минерально-сырьевой базы угольной отрасли Кузбасса по-прежнему осуществляется по экстенсивному пути — за счет разведки и вовлечения в промышленное освоение новых участков месторождений. Интенсивный же путь развития (повышение полноты использования недр за счет инновационных разработок и внедрения новых технологий добычи, обеспечивающих перевод ранее нерентабельных запасов в рентабельные) развития не получил.

Это обстоятельство нашло свое отражение в «Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области на долгосрочную перспективу (до 2025 года)». Данная стратегия, особо выделяя в качестве первой подцели «развитие ресурсной базы региона», предусматривает ее развитие преимущественно по интенсивному пути за счет «создания в центре разработки инновационных технологий угледобычи и представления на рынке новых инновационных технологий извлечения запасов в нетрадиционных горно-геологических условиях, комплексно обеспеченных горной техникой и нормативно-методической базой». Такой интенсивный, «технологический» подход к развитию минерально-сырьевой базы ТЭК обладает огромным недросберегающим и экологическим эффек-



том. При его реализации вложение государственных средств в разработку новых технологий добычи означает в конечном итоге вложение средств в государственную собственность (недра) с целью повышения экономической эффективности ее использования.

Однако при такой постановке вопроса технологическое развитие не должно идти в направлении создания лишь отдельных образцов оборудования, методик оценки условий, отдельных технических приемов. Результатом работы должны являться технологии, комплексно обеспеченные по всем направлениям необходимой специальной горной техникой, расчетными схемами, технологическими регламентами, а также методикой выполнения геологоразведочных работ со всей необходимой для внедрения технологий информацией и программами подготовки кадров. Подобный подход, помимо решения главной государственной задачи — развития сырьевой базы, позволил бы отечественной науке занять свободную ныне «нишу» технологического рынка по разработке инновационных комплексов «технология — оборудование — нормативное обеспечение», конкурентоспособных на рынке технологий угледобычи в сложных горно-геологических условиях. Реализация такого подхода к развитию минерально-сырьевой базы в современных условиях невозможна без соответствующей поддержки государства, прежде всего финансовой, так как отечественная горная наука пока не в состоянии взять на себя финансирование таких работ, несмотря на имеющийся значительный задел.

Возможность привлечения государственных финансовых ресурсов представляется вполне правомочной, если всерьез задуматься над вопросом: почему бы государству, уже принявшему на себя обязательства и риск осуществления поиска новых месторождений за собственный счет, не принять на себя на тех же условиях риск и расходы по созданию новых технологий добычи полезных ископаемых, расширяющих минерально-сырьевую базу действующих сырьевых комплексов?. В этом случае вложение государственных средств в разработку новых технологий и оборудования для добычи означает в конечном итоге вложение средств в государственную собственность (недра) с целью повышения экономической эффективности ее использования.

Наличие качественной геологоразведочной информации особенно важно при реализации интенсивного пути развития, как ориентированного на сложные условия отработки, которые в большинстве случаев предполагают и сложные условия разведки. Задача определения достоверности результатов геологического моделирования месторождения (достоверности запасов) сводится к оценке степени расхождения между реально существующим природным объектом и его моделью. Непосредственное решение задачи в такой постановке невозможно, так как никаких иных сведений об объекте, кроме использованных при создании его модели, не имеется. Поэтому ее решение может осуществляться только косвенными методами.

В основу разработки таких методов положена достаточно простая и очевид-



ная идея о том, что если в каждой реальной точке геологического пространства изучаемый признак может иметь только одно единственное значение, то и модель, адекватно описывающая его изменение, также должна быть однозначной. Отсюда следует, что проявление неоднозначности построений в процессе моделирования является свидетельством неадекватности создаваемой модели и реального объекта. Таким образом, оценка достоверности геологической модели может быть выполнена на основе оценки степени ее неоднозначности с определенной степенью вероятности.

Собственно неоднозначность любых построений может быть оценена лишь при наличии избыточных измерений или определений. Однако при изучении недр они возникают крайне редко и нежелательны, так как являются следствием избыточной разведки объекта исследования и приводят к значительным материальным затратам. Так, в 2006 г. стоимость 1 м разведочной скважины на уголь (с учетом всех видов испытаний и исследований) практически уже приблизилась к 170 евро. Поэтому подход к созданию метода измерения степени неоднозначности модели может основываться еще на одной, экономически оправданной идее искусственного создания косвенных избыточных определений в сетях геологоразведочных скважин.

Искусственное создание косвенных избыточных определений в сетях измерений предлагается осуществлять в пределах контура четырехугольной ячейки сети измерений (см. рисунок). Рассмотрим выпуклый четырехугольник с вершинами — точками замеров изучаемого признака. В нем можно провести две диагонали, пересекающиеся в общей точке K . Любой изучаемый признак, в соответствии со свойством однозначности геопоя, должен иметь в точке K одно единственное значение.

Используя метод интерполирования, по точности соответствующий методу, примененному при построении анализируемой модели, можно определить значение признака в точке K из каждой диагонали. Теоретически они должны быть равны друг другу. Однако в силу наличия погрешностей измерений и интерполяции их значения не будут совпадать

друг с другом. Поэтому их разность, являясь разностью двух независимых косвенных определений, может рассматриваться в качестве меры неоднозначности модели.

При оценке достоверности изучения гипсометрии угольного пласта в качестве оцениваемого показателя используется высотная отметка точки подсечения почвы (кровли) пласта геологоразведочной скважиной, а в качестве критерия разведанности (так называемый лямбда-критерий) — разность этих отметок в точке K , полученных из интерполирования вдоль двух диагоналей. Определение отметок выполняется в этом случае с использованием нелинейных методов интерполирования, использующих информацию об элементах залегания пласта.

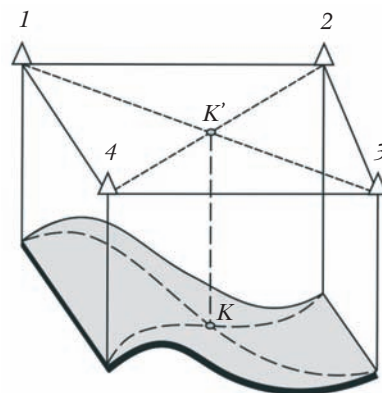
Значения лямбда-критерия разведанности реально отражают имеющую место неоднозначность моделей гипсометрии только тогда, когда плотность разведочной сети обеспечивает правомерность интерполяции значений признака в пространстве между замерами. Для оценки правомерности интерполяции высотных отметок выполняется построение функции (условно названной кривой разведанности), связывающей средние значения лямбда-критериев разведанности со средними площадями оценочных четырехугольников. Построение кривой осуществляется путем последовательного двукратного разрежения сети измерений. Естественно, что кривая должна иметь характер монотонно возрастающей функции, так как по мере снижения плотности сети точек наблюдений достоверность результатов моделирования обязана постоянно снижаться. Иной характер ее поведения является индикатором того, что правомерность структурных построений гипсометрии пласта в условиях достигнутой плотности разведочной сети отсутствует.

Полученные оценки неоднозначности построений гипсометрии используются в качестве количественных квалификационных показателей при категоризации запасов по степени их достоверности в процессе государственной экспертизы. По степени достоверности изучения гипсометрии пласта к российской категории A относятся запасы контуров, в которых лямбда-критерий не превышает 7 м,

к категории B — от 7 до 13 м и к категории C_1 — от 13 до 50 м. Как показывает опыт Кузбасса, данные уровни неоднозначности гипсометрических построений с вероятностью 0,67 соответствуют следующим фактическим погрешностям гипсометрических планов: до ± 4 м, от ± 4 до ± 8 м и свыше ± 8 м (до ± 30 м).

На основании расчета значений критериев разведанности создаются специальные карты — картограммы достоверности, или категоризации, на которых выделяются контуры с различным уровнем достоверности изучения признака.

Степень интенсивности развития дизъюнктивной нарушенности пластов обычно оценивается в России с помощью коэффициента нарушенности A . Забродина. Коэффициент представляет собой суммарную протяженность длин линий скрещений разрывных нарушений с пластом (в м), отнесенную к площади оцениваемого участка (в га). Данный коэффициент определяется на стадии геологоразведочных работ с существенной систематической погрешностью. Хотя обычно считается, что она занижается примерно в 3 раза, понятно, что эта величина непостоянна и зависит от плотности сети замеров и геологической сложности объекта. Оценка ожидаемой степени такого занижения для конкретного объекта выполняется на основе выявленной тесной корреляционной связи между отношением коэффициентов нарушенности по данным горных и разведочных работ и степенью неоднозначности модели гипсометрии. Поскольку моделирование иных значимых факторов, таких, как мощ-



Создание косвенных избыточных определений в четырехугольной ячейке сети разведочных скважин

ность пласта, чистых угольных пачек, породных прослоев и основных показателей качества угля, выполняется одинаковыми методами, а информация о результатах их измерений и определений имеет сходный характер, то оценка достоверности изучения закономерностей их размещения в пространстве недр может выполняться на основании единых критериев. В соответствии с изложенными принципами определения неоднозначности, она может быть оценена с помощью специального дельта-критерия разведанности, аналогичного лямбда-критерию, но основанного на применении линейной интерполяции между замерами и выраженного в процентах от величины признака в точке пересечения диагоналей. По фактору мощности угольного пласта наиболее характерная величина относительного дельта-критерия для комплексно-механизированных шахт и разрезов, отрабатывающих пласты пологого и наклонного залегания соответственно, для

New approach to the assessment of reserves and resources of the Russian coal sector.
D. V. Yakovlev, S. V. Shaklein

The authors prove the necessity and feasibility of the intensive development of reserves and geological resources of the Russian coal sector, particularly in the Kuznetsk coal basin that is, assuming the comprehensive utilization of mineral reserves due to the application of novel findings and developments, as well as new mining technologies. It is emphasized in the article that the availability of the reliable exploration data on mineral reserves is a very important component of this way of reserves and resources development. The authors propose a method for the evaluation of the reliability of the results of geological modeling of a deposit (verification of reserves).
 Key words: coal sector, mineral reserves and geological resources, development, geological information, reliability, evaluation methods.

категории А не превышает 19 %, для категории В составляет до 36 %.

Оценка правочерности интерполяции величин изучаемого признака в межскважинном пространстве, являющаяся необходимым условием корректного применения критериев разведанности, выполняется на основе сравнения значений общей и негеометризуемой изменчивости признака в условиях относительной незначимости влияния последней.

По результатам анализа накопленного опыта проведения экспертиз Эксперт-

но-технический совет ФГУ ГКЗ (уполномоченного органа России по проведению государственной геологической экспертизы) рекомендовал применение изложенной методики для оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров, установления количественных квалификационных показателей при категоризации и подсчете запасов углей на месторождениях Кузбасса, а также при государственной экспертизе материалов геологоразведочных работ. ■■■

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА ПО ОСВОЕНИЮ РЕСУРСОВ НЕФТИ И ГАЗА
 РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА СТРАН СНГ

RAO / CIS OFFSHORE 2009

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
15–18 СЕНТЯБРЯ 2009

www.rao-offshore.ru

СЕКРЕТАРИАТ: **РЕСТЭК™** Выставочное объединение
 Тел./факс: (812) 320 9660, e-mail: oilgas@restec.ru

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ СПОНСОР: **StatoilHydro**

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ: **ГАЗПРОМ** **TOTAL**

СПОНСОР КРУГЛОГО СТОЛА: **ExxonMobil**

ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ: **oilinfo**

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР: **Oilex Eurasia**

НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ