

УДК 622.86:550.812.14

© Т.Б. Рогова, С.В. Шаклеин, 2017

Т.Б. РОГОВА

д-р техн. наук, проф.
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово
e-mail: rogtb@mail.ru



С.В. ШАКЛЕИН

д-р техн. наук, ведущий
научный сотрудник
Кемеровский филиал ИВТ СО РАН,
г. Кемерово
e-mail: sv1950@mail.ru



АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Описана значимость влияния качества геологического изучения недр на промышленную безопасность ведения горных работ. Предлагается разработать специальные требования к содержанию и качеству геологоразведочных работ, обеспечивающих решение вопросов безопасного ведения горных работ. В данных требованиях предлагается указать перечень ключевых геологических характеристик и допустимые погрешности их определения. Достижение требуемой точности изучения характеристик месторождения предложено контролировать с помощью количественных геометрических методов оценки достоверности геологической информации.

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ДОСТОВЕРНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Известно, что основной, не связанной с действием человеческого фактора, причиной аварий на угольных шахтах с катастрофическими последствиями является несоответствие заложенных в проектах технических решений горно-геологическим условиям. Данное несоответствие также может быть связано с действием человеческого фактора – недостаточным профессиональным уровнем персонала. Однако в большинстве случаев оно вызвано использованием неполных или ошибочных геологических данных, т.е. влиянием геологического фактора. По мере реализации мероприятий по снижению влияния человеческого фактора доля влияния ге-

ологического фактора на аварийность будет, несомненно, возрастать, что предполагает необходимость принятия соответствующих превентивных мер.

Большинство решений в области промышленной безопасности опирается на геологоразведочную информацию, поэтому ее погрешности объективно трансформируются в ошибочные технические решения. Все технические и технологические проектные решения по строительству и эксплуатации шахт выбираются под условием их соответствия не реальным геологическим условиям, а их моделям. Эти модели, преимущественно построенные по результатам прямого опреде-

ления значений изучаемых характеристик в скважинах, сечения которых составляют многомиллионные доли от всей площади поверхности обрабатываемого пласта, объективно обладают тем или иным уровнем погрешности и могут содержать значительные ошибки. В ходе использования геологической информации ее погрешности и ошибки трансформируются в погрешности и ошибки технических, технологических, инвестиционных и иных решений [1]. Поэтому качественная оценка достоверности геологической информации становится в потенциале одним из существенных компонентов комплекса работ по обеспечению промышленной безопасности горного производства.

Существующие российская и зарубежные, в том числе международные, системы оценки достоверности геологоразведочных материалов основаны на экспертных оценках специалистов, которых принято именовать Компетентными Лицами (Competent Person). В результате их оценок контур запасов принято разделять на фрагменты с различной степенью достоверности, которым присваивается одна из четырех (A, B, C1, C2 в России) или трех (measured, indicated, inferred в наиболее распространенной в мире международной классификации Комитета по разработке международных стандартов публичной отчетности о запасах твердых полезных ископаемых – CRIRSCO) категорий запасов. Каждая категория является весьма интегрированной характеристикой, не предполагающей локализации причин ее присвоения тому или иному фрагменту пласта. В связи с этим категории запасов не могут быть использованы для оценки достаточности степени геологического изучения для решения вопросов в области обеспечения промышленной безопасности горных работ. Это в целом вполне естественно, поскольку категории запасов изначально были ориентированы на оценку достоверности запасов исключительно с позиции экономики горного производства и не обеспечивают оценку погрешностей ожидаемых значений геологических характеристик.

В 2008 году в России была введена в дей-

ствие Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых [2], впервые в мире определившая обязательность применения для оценки достоверности специальных количественных методов.

Во исполнение этих требований для условий угольных месторождений разработаны специальные методы количественной оценки достоверности, обеспеченные необходимым методическим сопровождением – Рекомендациями [3]. Они рекомендованы к практическому применению российской Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых и Обществом экспертов России по недропользованию, официально признанными странами – членами CRIRSCO – в качестве Признанной профессиональной организации (Recognized Professional Organization – RPO). В соответствии с положениями международно признанного Российского Кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых, это является официальным разрешением на использование Рекомендаций [3] для выполнения экспертизы геологической информации по международным стандартам.

Изложенные в Рекомендациях [3] количественные методы в состоянии оценивать ожидаемые погрешности горно-геометрических моделей гипсометрии, мощности пласта и показателей качества угля и т.п., что предопределяет возможность их использования в целях решения вопросов промышленной безопасности горного производства.

В отличие от известных и применяемых за рубежом геостатистических методов оценки, Рекомендации [3] используют геометрические подходы, что связано с низкой эффективностью геостатистики в условиях угольных месторождений. Не случайно Австралийское руководство по оценке и классификации угольных ресурсов [4] запрещает использовать результаты геостатистического анализа без учета других факторов, таких, например, как результаты ведения горных работ, результаты геологической интерпретации и т.д. Руководство [4] подчеркивает, что

вариография угольных переменных трудна и вообще не пригодна к самостоятельному применению.

Использованный в Рекомендациях [3] геометрический подход базируется на теории геохимического поля, предложенной в начале прошлого века профессором П.К. Соболевским. В его основу положены два простейших соображения.

Во-первых, известно, что в каждой «точке» угольного пласта любая характеристика (высотная отметка почвы пласта, его мощность, зольность и т.д.) реально принимает только одно-единственное значение. Отсюда следует, что и модель, идеальным образом описывающая поведение показателя, также должна обладать свойством однозначности. Поэтому неоднозначность модели является свидетельством ее неадекватности реальному объекту. Причем степень этой неадекватности тем больше, чем больше неоднозначность модели. Таким образом, оценка достоверности геологической модели может быть осуществлена через количественно выраженную оценку ее неоднозначности.

Во-вторых, собственно неоднозначность любых построений может быть количественно оценена лишь при наличии избыточных измерений. Но они крайне нежелательны, т.к. возникают в результате переразведки геологического объекта. Поэтому было предложено создавать такие измерения в форме искусственных косвенных избыточных определений.

Таким образом, общая схема оценки достоверности геологических материалов состоит в создании косвенных избыточных определений, количественной оценки на их основе степени неоднозначности анализируемой модели с последующим переходом от оценки неоднозначности к оценке достоверности (погрешности) модели.

В рамках рассматриваемого подхода предложено три способа создания избыточных определений. Основным из них является способ, который состоит в разделении сети скважин на систему пересекающихся друг друга выпуклых четырехугольников с вершинами – скважинами. В каждом четырехугольнике

проводятся две пересекающиеся в одной точке диагонали. Затем методом интерполирования, соответствующим по точности методу, примененному при построении анализируемой модели, определяется значение показателя в этой точке по каждой диагонали и их разность, которая рассматривается в качестве меры неоднозначности построений, т.е. в качестве некоего критерия разведанности. В результате исследований установлена статистическая взаимосвязь значений этих критериев с реальными погрешностями горно-геометрических моделей месторождений.

Другие два способа создания избыточных измерений и, соответственно, оценки погрешностей моделирования ориентированы на решение специальных вопросов: оценку достоверности предполагаемого положения пласта по линии разведочных скважин и оценку погрешности среднего значения характеристики в заданном контуре.

В отличие от геостатистических методов геометрический подход работоспособен в условиях неравномерной сети наблюдений и проявления не выдержанной в пространстве недр анизотропии оцениваемой характеристики, защищен от проявлений эффекта масштаба. Более того, локальные зоны сгущения сети скважин (участки детализации) позволяют строго формализованными методами выполнить дообучение алгоритма оценки достоверности и тем самым повысить ее качество. В этих же целях могут быть использованы и данные уже проведенных на объекте горно-эксплуатационных работ.

В результате применения описанного подхода можно определить ожидаемую погрешность значения интересующей пользователя геологической характеристики в любой точке пласта.

Отсюда, зная погрешность значения определенной геологической характеристики, в пределах которой обеспечивается надлежащее качество технического решения по обеспечению промышленной безопасности, можно определить как надежность данного решения, так и достаточность достигнутого уровня геологического изучения объекта.

Сами геологические характеристики, которые подлежат оценке, хорошо известны специалистам (например, [5]), однако допустимые погрешности их определения до сих пор не определены. И определены они могут быть только специалистами, занимающимися работами в области промышленной безопасности.

Отсюда возникает весьма значимая практическая задача: определить перечень необходимых для решения вопросов промышленной безопасности характеристик угольных месторождений, изучаемых в процессе геологоразведочных работ, и допустимые погрешности их определения.

Причем следует, вероятно, выделить два уровня таких погрешностей. Первый из них

должен обеспечивать формирование принципиальных проектных решений, конкретные параметры которых могут уточняться в процессе эксплуатации, что требует достижения более низких погрешностей второго уровня.

Погрешности первого уровня должны обеспечиваться в процессе геологоразведочных работ, а второго уровня – в процессе выполнения эксплуатационной разведки.

Собственно перечень геологических характеристик и допустимые погрешности их определения должны быть закреплены специальным нормативным документом: требованиями угольной промышленности к содержанию и качеству геологоразведочных работ, обеспечивающих безопасность ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаклеин С.В. Направления совершенствования российской системы оценки достоверности запасов твердых полезных ископаемых в контексте обеспечения безопасности горных работ / С.В. Шаклеин, Т.Б. Рогова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2010. – № 6. – С. 19–24.
2. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: приказ МПР РФ от 11 дек. 2006 г. № 278. – М., 2006. – 6 с.
3. Рогова Т.Б. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию / Т.Б. Рогова, О.П. Никифорова, С.В. Шаклеин. – М.: Кемерово: Общество экспертов России по недропользованию. – 2011. – 86 с.
4. Australian Guidelines for the Estimation and Classification of Coal Resources. – Guidelines Review Committee on behalf of the Coalfields Geology Council of New South Wales and the Queensland Resources Council. – 2014. – 47 p.
5. Исаченко А.А. Идентификация параметров и признаков изменчивости геомассива по уровню добычи и промышленной безопасности выемочных участков угольных шахт / А.А. Исаченко, В.Н. Фрянов, А.А. Петров // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22. – № 9. – С. 4–14.

UDC 622.86:550.812.14

© Т.В. Rogova, S.V. Shaklein, 2017

T.B. Rogova

Doctor of Technical Sciences, Professor

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo

e-mail: rogtb@mail.ru

S.V. Shaklein

Doctor of Technical Sciences, Leading Scientific Researcher

The Institute of Computational Technologies of SB RAS (ICT

SB RAS), Kemerovo

e-mail: svsl950@mail.ru

TOPICAL PROBLEMS OF GEOLOGICAL SUPPORT FOR INDUSTRIAL SAFETY DURING COAL PRODUCTION

The significance of the influence of the geological subsoil exploration quality on industrial mining safety is

described.

It is proposed to develop special requirements for the statement and quality of geological exploration, ensuring the solution of mining safety issues. It is offered to specify the list of key geological characteristics and admissible errors of their definition in these requirements.

The required exploration precision of the subsoil characteristics achievements is proposed to be controlled by quantitative geometric estimating method of geological information actuality.

Key words: COAL SUBSOIL, INDUSTRIAL SAFETY, GEOLOGICAL INFORMATION ACTUALITY

REFERENCES

1. Shaklein S.V. Napravlenija sovershenstvovaniya rossijskoj sistemy ocenki dostovernosti zapasov tverdyh poleznyh iskopaemyh v kontekste obespechenija bezopasnosti gornyh rabot (Ways to improve Russian system of assessing reliability of mineral reserves in terms of ensuring mining safety) / S.V. Shaklein, T.B. Rogova // Mineralnye resursy Rossii. Jekonomika i upravlenie. 2010. № 6. pp. 19–24.
2. Klassifikacija zapasov i prognoznyh resursov tverdyh poleznyh iskopaemyh: prikaz MPR RF ot 11 dek. 2006. № 278 (Classification of reserves and inferred resources of solid commercial minerals: order Russian Federation MPR 11.12 2006. № 278). M., 2006. 6 p.
3. Rogova T.B. Metodicheskie rekomendacii po provedeniju kolichestvennoj ocenki stepeni sootvetstvija geologicheskikh modelej mestorozhdenija uglja ego istinnomu sostojaniju (Methodical recommendations for the quantitative assessment procedure of degree of conformity of the coal field geological models to its actual state) / T.B. Rogova, O.P. Nikiforova, S.V. Shaklein. M.: Kemerovo: Obshhestvo jekspertov Rossii po nedropolzovaniju. 2011. 86 p.
4. Australian Guidelines for the Estimation and Classification of Coal Resources. – Guidelines Review Committee on behalf of the Coalfields Geology Council of New South Wales and the Queensland Resources Council. 2014. 47 p.
5. Isachenko A.A. Identifikacija parametrov i priznakov izmenchivosti geomassiva po urovnju dobychi i promyshlennoj bezopasnosti vyemochnyh uchastkov ugolnyh shaht (Identification of parameters and characteristics of the variability of geological massive on the level of production and industrial safety of coal mines extraction areas) / A.A. Isachenko, V.N. Frjanov, A.A. Petrov // Vestnik Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. T. 22. № 9. pp. 4–14.