Оригинальная статья

УДК 553.042:553.94 © С.В. Шаклеин[1], Т.Б. Рогова[2], М.В. Писаренко✉[1,2], 2025

[1] ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН), 650065, Кемерово, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: iu.kemsc@mail.ru

Original Paper

UDC 553.042:553.94 © S.V. Shaklein[1], T.B. Rogova[2], M.V. Pisarenko✉[1,2], 2025

[1] Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650056, Russian Federation
[2] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: iu.kemsc@mail.ru

Руководство по количественной оценке достоверности запасов угля*

Guide to the quantification confidence of coal resources

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-12-34-38

ШАКЛЕИН С.В.
Доктор техн. наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН), 650065, г. Кемерово, Россия, e-mail: svs1950@mail.ru

РОГОВА Т.Б.
Доктор техн. наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650065, г. Кемерово, Россия, e-mail: rogtb@mail.ru

ПИСАРЕНКО М.В.
Доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН), 650065, Кемерово, Россия, профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: iu.kemsc@mail.ru

Анализ требований национальной классификации запасов по обязательному применению при оценке их достоверности количественных и вероятностных методов показал, что существующее методическое обеспечение не в полной мере отвечает современному состоянию угольной отрасли и тенденциям развития методов, применяемых при международной оценке достоверности угольных запасов. С учетом накопленного российского и международного опыта по процедуре классификации запасов и современных требований инвестиционных горных проектов существенно переработаны, расширены и представлены в новой редакции Методические рекомендации по количественной оценке достоверности запасов угля.

***Ключевые слова**: классификация запасов, категории запасов, достоверность запасов, количественные методы, методическое обеспечение.*

Для цитирования: Шаклеин С.В., Рогова Т.Б., Писаренко М.В. Руководство по количественной оценке достоверности запасов угля // Уголь. 2025;(12):34-38. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-34-38.

** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», проект FWEZ-2024-0024 «Разработка эффективных технологий добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, систем управления и методов оценки технического состояния и диагностики их ресурса и обоснование обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы. 2024-2025 гг.» (рег. № 124041100072-6).*

Abstract

An analysis of the requirements of the national classification of mineral resources for the mandatory use of quantitative and probabilistic methods in assessing their reliability has shown that the existing methodological support does not fully meet of the states of the coal industry and trends in the development of methods used in international assessment of the confidence of mineral resources. Taking into account the accumulated Russian and international experience in the procedure for classification of mineral resources and the current requirements of investment mining projects have been significantly revised, expanded and presented in a new version the Methodological Recommendations for the Quantitative Assessment of the confidence of coals resources.

Keywords

Classification of mineral resources, categories of mineral resources, confidence of mineral resources, quantitative methods, methodological support.

Acknowledgements

The work was performed within the framework of the state assignment of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences: Project FWEZ-2024-0024 «Development of efficient technologies of coal mining by robotic mining complexes operating without permanent presence of personnel in mining zones, design of control systems and methods to assess their technical condition and operating life as well as justification of the mineral resource base reproduction. 2024-2025» (Reg. No. 124041100072-6).

For citation

Shaklein S.V., Rogova T.B., Pisarenko M.V. Guide to the quantification confidence of coal resources. *Ugol'*. 2025;(12): 34-38. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-34-38.

ВВЕДЕНИЕ

При освоении месторождений полезных ископаемых решения принимаются на основе их горно-геологических моделей, сформированных по данным, полученным в процессе геологоразведочных работ. Такие модели всегда содержат в себе погрешности, вызванные неопределенностью, всегда объективно присутствующей при интерпретации геологических данных. Именно наличие такой неопределенности во многом определяет эффективность принимаемых решений в области разработки недр и предпринимательский риск организации горного бизнеса. Отсюда вытекает давно осознанная мировым геологическим и горным сообществом необходимость оценки достоверности геологической информации, условно называемой оценкой достоверности запасов, которая вот уже более 110 лет осуществляется посредством присвоения запасам рангов разведанности – категорий запасов. Категоризация запасов является основным инструментом оценки геологического риска, который признается наиболее значимой составляющей интегрального риска финансирования и организации недропользования [1].

Ведущие горнодобывающие страны мира разработали национальные системы категоризации запасов, созданные с учетом интереса государственного управления фондом недр. Применяемая в России при классификации запасов угля система изложена в «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (2006 г.), в Китае – в индустриальных стандартах DZ/T 0346-2020 [2] и DZ/T 0215-2020 [3], в США – в циркуляре Геологической службы № 891, в Индии – в Модифицированном стандарте процедуры оценки ресурсов угля 2017 и т.д.

Российская классификация значительно выигрывает у всех известных классификаций за счет наличия в ней требований по формированию доказательной базы, подтверждающей принятую категорию достоверности запасов (в частности за счет требований по обязательному созданию при разведке участков детализации и анализу полученных по ним данным, а также по обязательности применения количественных методов оценки достоверности запасов).

Национальные системы категоризации дополнены международными кодексами отчетности о ресурсах и запасах, ориентированными прежде всего на интересы инвесторов горного бизнеса. Они представлены Кодексами отчетности семейства CRIRSCO, сформированными на основе использования единого Шаблона отчетности – австралазийский JORC [4]; южноафриканский SAMREC; индийский NASRI; бразильский CBRR; индонезийский KCMI; «Российский Кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых» (Кодекс НАЭН) и др. Шаблон CRIRSCO предусматривает, что представляемая инвесторам подготовленная компетентными лицами отчетность должна отвечать принципам прозрачности, существенности и компетентности. Однако в отличие от Российской классификации шаблон не предусматривает обязательного применения при оценке количественных методов и специально создаваемых участков детализации, которые самым существенным образом повышают уровень доказательности категоризации. В то же время применение количественных методов оценки достоверности приветствуется и в CRIRSCO. Зарубежная практика оценки месторождений показала, что применение субъективных допущений компетентных лиц не раз приводила к введению инвесторов в заблуждение и часто искажала ожидаемые результаты реализации горного проекта [4, 5, 6, 7]. В связи с этим к настоящему времени за рубежом сложилась практика распространения опыта применения количественных методов оценки путем публикации наилучших практик выполнения оценок запасов [8]. Следует иметь в виду, что применение количественных методов рассматривается в мире как один из инструментов защиты от мошенничества в сфере разведки и добычи полезных ископаемых [9]. Нельзя исключить, что принятый в России курс на развитие юниорного бизнеса приведет к необходимости наделения количественных методов оценки достоверности функцией такой защиты и в нашей стране [10].

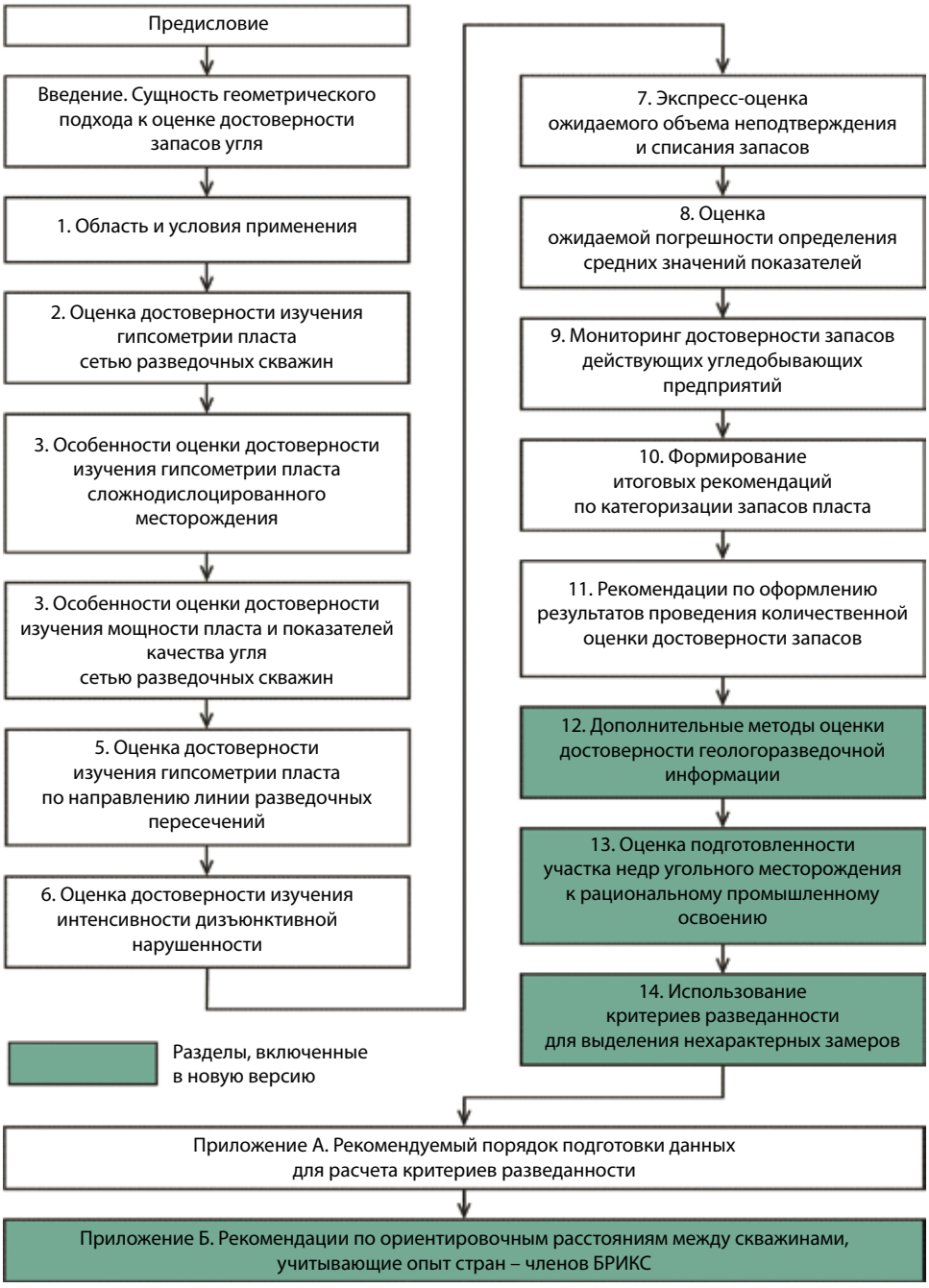
Таким образом, применение при категоризации запасов количественных методов является общемировым трендом, уже реализованным в России в качестве нормативного требования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Российская классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых предусматривает, 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*». Какие-либо нормативные требования, предписывающие применение для этих целей конкретных методов оценки, отсутствуют, а право их выбора предоставляется исполнителям геологоразведочных работ.

Для оценки достоверности запасов руды в мире активно применяются геостатистические методы, которые признаются недостаточно эффективными в специфических условиях угольных месторождений, поскольку «*прямой связи между геостатистическими методами и классификацией угля не существует*» [11], чему есть достаточно много причин, вытекающих из методики разведки и геологических особенностей угольных месторождений.

По мнению австралийских специалистов, которое разделяют и китайские специалисты, геостатистические подходы предпочтительней относительно геометри-



Структура Методических рекомендаций по количественной оценке достоверности запасов угольных месторождений
Structure of the Methodological Recommendations for the Quantitative Assessment of the Reliability of Coal Deposit Resources

Допустимые погрешности показателей угольных месторождений

Permissible errors of coal deposit indicators

Пласты	Допустимая погрешность для категорий запасов		
	A	B	C_1
Мощность пласта			
Весьма тонкие и тонкие (до 1,2 м), %	0–25	25–35	35-78
Средней мощности (1,2 – 3,5 м), %	0–20	20–30	30-78
Мощные и весьма мощные (свыше 3,5 м), %	0–15	15–20	20-78
Зольность угля			
Все пласты, %	0–25	25–35	35-80
Гипсометрия пласта			
Все пласты, м	0–5	5–8	8-17

ческих при коэффициентах вариации основных показателей месторождения более 100% [12]. Изменчивость основных показателей угольных пластов, как правило, не выходит за указанные пределы, что свидетельствует о предпочтении использования геометрических подходов при оценке достоверности запасов угольных месторождений.

Руководствуясь общемировым признанием того, что категория разведанности, выступающая в качестве меры достоверности запасов, определяется уровнем неопределенности (неоднозначности) интерпретации геологической информации в межскважинном пространстве, в России в 2011 г. группой специалистов Института угля СО РАН, КузГТУ и ГКЗ были разработаны Методические рекомендации по проведению количественной оценки соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию. Данные рекомендации основываются на идее создания косвенных избыточных определений в межскважинном пространстве и используют геометрические подходы. Методические рекомендации были поддержаны ЭТС ГКЗ и ЭТС Общества экспертов России по недропользованию (ОЭРН), получили статус нормативно-методического документа (протокол ЭТС ОЭРН от 12.05.2011), что является условием правомерности их использования при оценке запасов по требованиям «Кодекса НАЭН», и ныне размещены на официальном сайте ГКЗ.

Работы в данном направлении были продолжены, и с учетом изменений, произошедших после 2011 г. в области угледобычи, а также на основании анализа опыта оценки достоверности запасов в России и в странах-членах БРИКС была разработана новая версия рекомендаций – Методические рекомендации по количественной оценке достоверности запасов угольных месторождений, общая структура которых представлена на *рисунке*.

Новая версия существенно доработана и расширена путем включения ряда ранее отсутствующих в версии 2011 г. разделов, которые содержат:

– выявление пластоподсечений, показатели по которым вызывают сомнения в их достоверности и требуют дополнительного анализа на предмет их использования при оценке достоверности и построении моделей;

– порядок обработки данных, полученных на участках детализации, и использование полученных результатов при категоризации запасов;

– порядок формирования многовариантных моделей показателей месторождения;

– порядок оценки подготовленности месторождения к промышленному освоению.

В новую версию Методических рекомендаций включены рекомендации по плотности разведочной сети в зависимости от сложности условий залегания и выдержанности угольных пластов, которые сформированы с учетом требований, принятых в нормативных стандартах стран-членов БРИКС, по оценке достоверности запасов угольных месторождений. Учтен накопленный опыт оценки достоверности изучения гипсометрии пластов сложнодислоцированных месторождений, позволивший более полно учитывать особенности их геометризации.

По результатам анализа современного опыта работы угледобывающих предприятий, полученного при отработке более 300 млн т запасов угля, сосредоточенных на пластах с мощностью от 1 до 9 м, углами падения от 1 до 29° и дизъюнктивной нарушенностью от 0 до 24 м/га, были уточнены граничные значения допустимых погрешностей основных показателей угольных месторождений *(см. таблицу)*, позволяющие объективно относить запасы участков к той или иной категории разведанности [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическое использование новой версии Методических рекомендаций по количественной оценке достоверности запасов угольных месторождений позволит повысить доказательность и надежность оценок достоверности запасов минерально-сырьевой базы угля страны при классификации запасов как по национальным, так и по международным требованиям, поскольку Методические рекомендации в соответствии с требованиями действующего Кодекса НАЭН рекомендованы к применению ОЭРН (протокол Исполкома ОЭРН от 26.05.2025 № 31).

Список литературы • References

1. Li S., Dimitrakopoulos R., Scott J., Dunn D. Quantification of geological uncertainty and risk using stochastic simulation and applications in the coal mining industry. Orebody Modelling and Strategic Mining Planning. Spectrum Series 14. Melbourne, Australasian Institute of Mining and Metalurgy, 2008, P. 253-260.

2. DZ/T 0346-2020 Specifications for oil shale, stone coal and peat mineral exploration: Geological and Mining Industry Standard of the People's Republic of China: Date of Implementation: 2020-04-30. Beijing: Ministry of Natural Resources, Geology Press, 2020, 29 p.
3. DZ/T 0215-2020 Specifications for coal exploration: Geological and Mining Industry Standard of the People's Republic of China: Date of Implementation: 2020-04-30. Beijing, Ministry of Natural Resources, Geology Press, 2020, 27 p.
4. International reporting template for the public reporting of exploration targets, exploration results, mineral resources and mineral reserves. June 2024. Westmount, Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO), 2024, 79 p.
5. Rendu J.-M. Risk management in Evaluating Mineral Deposits. Englewood, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2017, 310 p.
6. Owusu S.K.A., Dagdelen K. Impact of Competent Persons' judgements in Mineral Resources classification. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2024;124(7):371-382. https://doi.org/10.17159/2411-9717/1538/2024/.
7. Micale P. You don't know what you don't know. International Mining Geology Conference 2022 (Brisbane, 23 March 2022). Melbourne, The Australasian institute of mining and metallurgy, P.120-125.
8. Оценка минеральных ресурсов и рудных запасов: справочник по передовым практическим методам Австралазийского института горного дела и металлургии. Том 1: [перевод с английского]. М.: Эксмо, 2022. 600 с.
9. McManus S.A., Rahman A., Coombes J., Horta A. Measuring spatial domain models' uncertainty for mining industries. International Mining Geology Conference 2022 (Brisbane, 23 March 2022). Melbourne, The Australasian institute of mining and metallurgy P. 114-120.
10. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б., Писаренко М.В. Юниорные геологоразведочные компании – риск криминализации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2023. № 3. С. 42-52.
    Shaklein S.V., Rogova T.B., Pisarenko M.V. Junior exploration companies at risk of criminalization. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie.* 2023;(3):42-52. (In Russ.).
11. Preston K.B. A Practitioner's Guide to the Identification, Classification and Estimation of Inventory Coal and Coal Resources. Mineral Resource and Ore Reserve Estimation the AusIMM Guide to Good Practice. Carlton Victoria, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2022, P. 369-382.
12. Australian guidelines for the estimation and classification of coal resources. 2014 edition. Maitland, Coalfields Geology Council of New South Wales and the Queensland Resources Council, 2014, 47 p.
13. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б., Писаренко М.В. О неопределенности (достоверности) геологических материалов, обеспечивающей реализуемость проекта освоения угольного месторождения // Рациональное освоение недр. 2022. № 3. С. 26-37.
    Shaklein S.V., Rogova T.B., Pisarenko M.V. On the uncertainty (confidence) of geological data, which ensure the feasibility of the coal mining project. *Ratsional'noe osvoenie nedr.* 2022;(3):26-37. (In Russ.).

Authors Information

Shaklein S.V. – Doctor of Engineering Science, Chief Researcher, Federal Recearch Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Academy of Sciences, Kemerovo, 650056, Russian Federation, e-mail: svs1950@mail.ru

Rogova T.B. – Doctor of Engineering Science, Professor of the Department of Surveying and Geology, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: rogtb@mail.ru

Pisarenko M.V. – Doctor of Engineering Science, Leading Researcher, Federal Recearch Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Academy of Sciences, Kemerovo, 650056, Russian Federation, Professor of the Department of Surveying and Geology, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: iu.kemsc@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.10.2025
Поступила после рецензирования: 15.11.2025
Принята к публикации: 28.11.2025

Paper info

Received October 3, 2025
Reviewed November 15, 2025
Accepted November 28, 2025