

# Оценка и мониторинг геологического риска освоения угольных месторождений

С.В. Шаклеин<sup>1</sup>✉, Т.Б. Рогова<sup>2</sup>, М.В. Писаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация  
✉ svsv1950@mail.ru

**Резюме:** Рассмотрен подход к количественной оценке геологического риска принятия решения об освоении участка недр по результатам геологоразведочных работ, а также определения возможности реализации проектных решений по строительству горного предприятия и реализуемости готовых программ развития горных работ. Изложены основы геометрического подхода к количественной оценке достоверности моделей геологических показателей, применение которых позволяет избежать проблем, возникающих при применении геостатистических методов в условиях угольных месторождений.

Достоверность изученности геологических показателей оценивается по степени неоднозначности результатов их геометризации, количественно оцениваемой на основе предварительного искусственного создания косвенных избыточных определений в разведочной сети. На стадии угледобычи оценка значимости неоднозначности результатов геометризации осуществляется с дополнительным учетом постоянно накапливаемого опыта ведения горных работ в режиме мониторинга достоверности запасов.

Возможность реализации проектных решений оценивается на основе предварительно создаваемой альтернативной модели геологического показателя. Такая модель создается «искажением» использованной при проектировании основной (традиционной) модели посредством использования дополнительных негативно влияющих значений показателя, расположенных на участках неоднозначности геометризации. В случае если проектное решение может быть успешно реализовано в условиях альтернативной модели, риск невозможности его реализации признается незначимым.

**Ключевые слова:** недропользование, угольное месторождение, геологический риск, неоднозначность геологических данных, категории запасов, количественные методы оценки достоверности запасов, геологическая подготовленность к промышленному освоению

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2021-0002 «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» (рег. №АААА-А21-121012290021-1).

**Для цитирования:** Шаклеин С.В., Рогова Т.Б., Писаренко М.В. Оценка и мониторинг геологического риска освоения угольных месторождений. *Горная промышленность*. 2023;(S2):59–64. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-59-64>

## Assessment and monitoring of geological risk of a coal deposits development

S.V. Shaklein<sup>1</sup>✉, T.B. Rogova<sup>2</sup>, M.V. Pisarenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

<sup>2</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation  
✉ svsv1950@mail.ru

**Abstract:** An approach to the quantitative assessment is considered for the geological risk of a decision-making on the development of a subsurface site based on the results of geological exploration, for the determination of the design solutions feasibility for the construction of a mining plant and for the annual mining development plans feasibility during the operation of the enterprise. The fundamentals of the geometric approach to the quantitative assessment of the confidence of geological indicators models, the use of which allows to avoid the problems arising during geostatistical methods applications in the conditions of coal deposits are set out. The confidence of the study of geological indicators is assessed by the degree of ambiguity of their geometrization results, which is quantified based on preliminary artificial creation of indirect redundant measurements in the exploration well grid. At the stage of coal mining, the evaluation of the significance of the geometrization results ambiguity is carried out with additional consideration of the constantly accumulated experience of mining operations in the mode of monitoring the confidence of resources.

The possibility of design solutions implementation is assessed based on a pre-created alternative model of the geological indicator. Such a model is created by “distortion” of the traditional model using an additional negatively influenced indicator values which are in areas of the geometrization ambiguity. In the case the design solution can be successfully implemented in the conditions of the alternative model, the implementation impossibility risk is considered insignificant.

**Keywords:** subsoil use, coal deposits, geological risk, uncertainty of the geological data, classification categories of mineral resource, quantitative methods for assessing the confidence of resources, geological preparedness for industrial development

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Institution “Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” project FWEZ-2021-0002 “Development of effective technologies for coal mining by robotic mining complexes without the constant presence of people in mining areas, control systems and methods for assessing the technical condition and diagnostics of their resource and justification for ensuring reproduction mineral resource base” (reg. no. AAAAA-A21-121012290021-1).

**For citation:** Shaklein S.V., Rogova T.B., Pisarenko M.V. Assessment and monitoring of geological risk of a coal deposits development. *Russian Mining Industry*. 2023;(S2):59–64. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-59-64>

## Введение

Основное различие между риском добычи полезных ископаемых и риском, связанным с проектами в других отраслях бизнеса, заключается в геологической составляющей, неопределенность данных которой является основным фактором риска большинства горных проектов [1]. Допустимая степень риска проекта сугубо индивидуальна для каждой горной компании и определяется как ее склонностью к риску, так и достоверностью (неопределенностью) геологической информации по объекту, представляемой в виде комплекта горно-геометрических моделей. Процесс оценки достоверности результатов геологического изучения несколько условно принято именовать оценкой достоверности запасов, поскольку под запасами принято понимать не просто их количество, а концентрацию твердого минерального вещества, достоверность изучения которой, количество, качество, состав, формы и условия залегания обеспечивают реальные перспективы экономически эффективного его промышленного освоения. В настоящее время в качестве показателя достоверности используются качественные интегральные характеристики – категории разведанности запасов (категории А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> в России и категории Measured, Indicated и Inferred международного шаблона отчетности CRIRSCO). Высокий уровень субъективности определения категорий запасов подтолкнул отечественные и зарубежные оценочные организации к необходимости использования для этого не только экспертных, но и количественных оценок. Российская Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых 2006 г. стала первой в мире классификацией, предусматривающей обязательное применение таких подходов. Для большинства видов полезных ископаемых при выполнении количественной оценки достоверности геологических материалов используются методы геостатистики. Однако угольные пласты представляют собой суперпозиции угольных линз, имеют переменную анизотропию их характеристик и изучаются редкой и неравномерной сетью скважин, что ограничивает возможность применения геостатистических методов на угольных месторождениях. Известно и общепринято, что в условиях угольных месторождений применение вариографии сопряжено со значительным риском и может приводить к существенной недооценке или переоценке непрерывности переменной [2]. В связи с этим Институтом угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии совместно с Кузбасским государственным техническим университетом были

разработаны и продолжают совершенствоваться подходы к оценке достоверности геологических материалов, учитывающие специфику угольных месторождений и основанные на геометрических подходах, позволяющие снять ограничения, присущие геостатистическим методам [3].

## Сущность геометрического подхода к оценке достоверности

Под достоверностью результатов изучения участка недр понимается степень расхождения между реально существующим природным объектом и описывающими его моделями, которые могут быть объективно установлены только после завершения его отработки. Однако существующая потребность в установлении достоверности запасов участка недр до начала его отработки предполагает необходимость ее выполнения только на основе косвенной информации.

В основу предложенного геометрического подхода положено несколько вполне очевидных положений:

1. Результаты геологических наблюдений и измерений в точках пространства недр могут обобщаться и интерпретироваться различным образом, в результате чего создаваемые горно-геометрические модели всегда обладают неоднозначностью.
2. Реальный геологический объект детерминирован – в каждой точке пространства геологический показатель принимает только одно единственное значение.
3. Наличие многовариантности (неоднозначности) оценки величины показателя по результатам моделирования свидетельствует о неадекватности создаваемой модели и реального детерминированного объекта, что предопределяет возможность оценки достоверности модели через оценку ее неоднозначности.
4. Неоднозначность результатов моделирования может быть вскрыта и оценена только при наличии избыточных измерений или определений, т.е. при наличии как минимум двукратного независимого определения значения показателя в одной и той же точке пространства недр.
5. Непосредственное создание избыточных измерений на стадии геологического изучения сопряжено со значительными материальными затратами, в этой связи целесообразным является их искусственное создание в форме косвенных избыточных определений.

При рассмотрении сетей разведочных скважин косвенные избыточные определения предлагается искусственно создавать в четырехугольных ячейках, вершинами которых являются точки плаstopодсечений. В каждой такой ячейке можно провести две диагонали, пересекающиеся в точке  $K$ . Значение изучаемого показателя в точке  $K$  может быть независимо получено по каждой из диагоналей, путем интерполирования вдоль них. Теоретически оба вычисленных значения должны совпадать. Однако, в силу наличия погрешностей измерений и интерполяции, полученные значения не будут равны, а их разность  $D$ , являясь разностью двух независимых косвенных определений, может рассматриваться в качестве численной меры неоднозначности геологических построений, т. е. в качестве критерия разведанности показателя в границах четырехугольной ячейки разведочной сети. При изучении неоднозначности результатов гипсометрических построений используется кубическая сплайн-интерполяция, учитывающая ожидаемые элементы залегания пласта, а получаемая разность  $D$  именуется лямбда-критерием. При оценке достоверности изучения таких показателей, как зольность угля, мощность пласта и т. д., используется линейная интерполяция, а разность  $D$  именуется дельта-критерием, который может выражаться как в абсолютных, так и в относительных единицах (в процентах по отношению к среднему значению показателя в точке  $K$ ). В результате исследований были установлены требования к допустимой форме четырехугольной ячейки сети скважин, обеспечивающей получение представительных результатов оценки. Эти требования оказались достаточно мягкими, что позволяет выделять четырехугольники с их многократным перекрытием.

По результатам экспериментальных данных установлено, что между критериями разведанности (разностью  $D$ ) и реальной погрешностью значения показателя в точке пересечения диагоналей существует прямая статистическая зависимость, коэффициент пропорциональности которой зависит от принятой вероятности оценки (при вероятности 0,68 коэффициент пропорциональности  $D$  в среднем составляет 0,6 для гипсометрии пласта, для его мощности и зольности 1,3).

Для оценки неоднозначности изучения гипсометрии по линии разведочных скважин и определения неоднозначности при оценке среднего значения показателей по малому числу измерений предложены иные подходы к созданию косвенных избыточных измерений [3]. Кроме того, разработаны и специальные методы оценки правомерности выполнения интерполирования значений показателей в межскважинном пространстве, которая является обязательным условием расчета критериев разведанности [3].

#### **Оценка геологического риска на завершающей стадии геологоразведочных работ**

По результатам геологоразведочных работ формируется пакет геологической информации, служащий основой для последующего проектирования горного предприятия. Достоверность информации фиксируется присвоением однородным фрагментам пластов (подсчетным блокам) определенных категорий разведанности.

Ошибки при категоризации запасов приводят к ошибочной оценке риска освоения месторождения и к принятию ошибочных проектных решений, которые могут оказаться не оптимальными, а в отдельных случаях – даже нереализуемыми.

В соответствии с требованиями отечественной классификации запасов категоризация запасов должна основываться не только на экспертных, но и на количественных оценках. Решением экспертно-технического совета Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых вышеприведенный геометрический подход к оценке достоверности запасов угля и используемые им лямбда- и дельта-критерии разведанности рекомендованы к практическому применению при выполнении категоризации запасов.

В результате обработки данных по отработанным контурам пластов шахт Кузбасса с суммарными запасами более 308 млн т угля (при средней мощности пластов от 1,1 до 8,7 м, углах падения от 1 до 29°, дизъюнктивной нарушенности пластов от 0 до 24 м/га по показателю нарушенности А.С. Забродина) были установлены предельные значения критериев разведанности, при которых еще обеспечивается возможность принятия рациональных решений по вскрытию и подготовке запасов месторождения и определения основных технологических параметров, т. е. при которых имеет место правомерность проектирования добывающего предприятия. Установлено, что необходимый уровень разведанности гипсометрии пластов по лямбда-критерию разведанности не должен превышать 25 м. Его следует рассматривать в качестве минимального уровня разведанности запасов категории  $C_1$  [4]. При этом дельта-критерии разведанности мощности пласта не должны превышать 35% для весьма тонких и тонких пластов (до 1,2 м), 30% – для пластов средней мощности (1,2–3,5 м) и 20% – для остальных. Для выдержанных по мощности тонких и средней мощности пластов выполнение расчета дельта-критериев нецелесообразно в связи с малозначимой изменчивостью их мощности (соответственно менее 20 и 25%).

В случае если означенные критерии превышают указанные значения, риск освоения участка недр должен рассматриваться как высокий. В этом случае геологоразведочные работы рекомендуется продолжить, а переход на стадию проектирования предприятия – признать преждевременным.

Практическое применение критериев разведанности указывает на 2–4-кратное повышение качества оценки достоверности запасов. Это обеспечивает и более надежное определение степени риска освоения месторождений. В качестве примера на рис. 1 приведены две оценки достоверности запасов первоочередного рабочего пласта поля шахты «Романовская-1»: по заключению государственной экспертизы (послужившего основанием для принятия решения об освоении участка недр и строительства шахты) и с использованием количественных критериев разведанности. Выполненная на основании результатов расчета критериев категоризация запасов свидетельствует о неприемлемо высоком риске освоения участка. Шахта «Романовская-1», проработав семь лет и добыв за этот период лишь 2,3 млн т угля, прекратила свою работу в 2014 г. в связи с неподтверждением ожидаемых геологических условий.

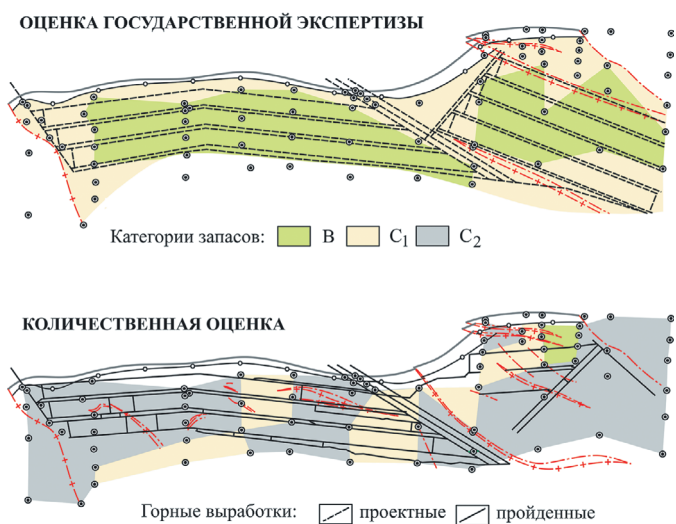
#### **Оценка геологического риска на стадии проектирования предприятия**

Достижение необходимого для начала проектирования горного предприятия вышеуказанного уровня разведанности обеспечивает возможность принятия основных проектных решений. Однако различные элементы принятой в проекте технологической схемы обладают неодинаковой способностью адаптации к изменяющимся геологическим



условиям, из чего следует, что для обеспечения возможности их реализации может потребоваться различный уровень достоверности геологических данных. Это предопределяет целесообразность выполнения на стадии проектирования горного предприятия оценки соответствия достигнутого уровня достоверности геологической информации характеру основных проектных решений.

Решение такой задачи предложено осуществлять на основе построения специальных альтернативных горно-геометрических моделей [5]. Их построение выполняется по данным геологоразведочных скважин, но с дополнительным введением в массив исходных данных косвенных определений, в качестве которых используется только один из двух вариантов значений показателя в точках пересечения диагоналей четырехугольных ячеек разведочной сети. Для построения пессимистического варианта альтернативной модели используется вариант косвенного определения показателя, реализация которого окажет наибольшее негативное влияние на проектное решение (например, при оценке запасов выемочных единиц – минимальные значения мощности). Расчет косвенных определений и формирование массива данных для построения альтернативных моделей автоматизирован [6].

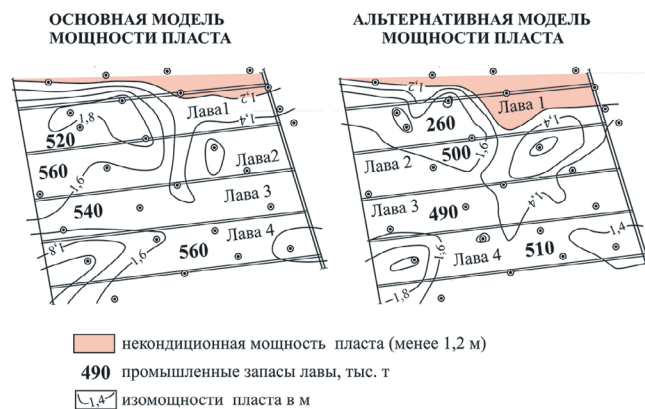


**Рис. 1**  
Варианты оценки достоверности запасов пласта «Абрамовский» шахты «Романовская-1»

**Fig. 1**  
Options for assessing the confidence of resources of the "Romanovskaya-1" mine's coal seam "Abramovskiy"

Для оценки реализуемости проектных решений необходимо «наложить» их на альтернативную модель. Если в условиях пессимистического варианта геологических представлений принятые проектные решения не могут быть реализованы, то риск горного проекта признается высоким. В этом случае управление риском может быть осуществлено путем локального повышения уровня разведанности за счет проведения опережающей эксплуатационной разведки или, если это возможно, – корректировкой проектного решения, либо переносом рассматриваемого элемента технологической схемы в иную, более изученную часть участка недр [7].

В качестве примера на рис. 2 представлены основная и альтернативная (пессимистическая) модели мощности пласта. В случае реализации пессимистической моде-



**Рис. 2**  
Основная и альтернативная модели мощности пласта «Румянецевский» шахты «Сибирская»

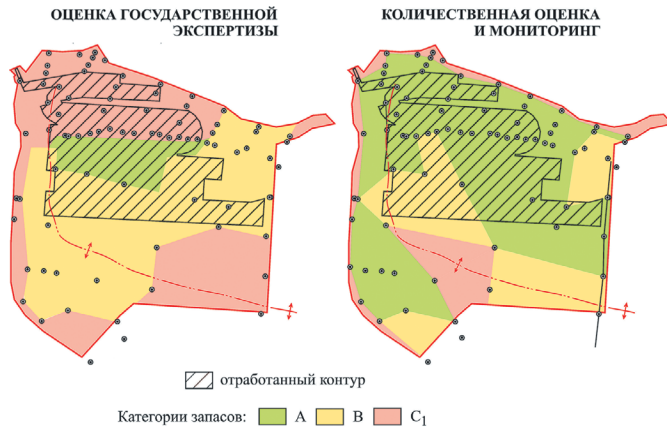
**Fig. 2**  
Basic and alternative seam thickness models of the "Sibirskaya" mine's coal seam "Rumyantsevskiy"

ли суммарный объем промышленных запасов по лавам снижается на 19% (с 2180 до 1760 тыс. т). В связи с почти двукратным увеличением площади распространения некондиционной мощности в лаве 1 ее отработка вообще становится нецелесообразной. Поэтому на стадии проектирования необходимо предусмотреть либо проведение эксплуатационной разведки, либо изменить проектные решения по раскройке участка.

**Оценка геологического риска на стадии эксплуатации**

В соответствии с законодательством проведению горных работ должно предшествовать проведение опережающего геологического изучения, осуществляемого с помощью эксплуатационной разведки. Практика отработки угольных месторождений указывает на целесообразность выполнения таких работ фрагментарно – только в пределах недостаточно разведанных контуров и преимущественно с целью уточнения данных о гипсометрии пластов (включая разрывные нарушения). В рамках упомянутых выше исследований было установлено, что проведение эксплуатационной разведки целесообразно только на площадях, где лямбда-критерии разведанности превышают 8 м [4].

С началом ведения горных работ недропользователь начинает получать данные о фактическом состоянии эксплуатируемого геологического объекта. Сопоставляя фактические погрешности определения показателей в отработанном контуре и определенные в нем только по геологоразведочным данным критерии разведанности, можно уточнить значения коэффициентов пропорциональности между погрешностями и критериями. В результате возникает возможность уточнить процедуру расчета ожидаемых погрешностей изучения геологических показателей, адаптировать ее для условий конкретного предприятия и использовать для более точной оценки достоверности запасов на еще не затронутых горными работами площадях. Такая процедура является мониторингом достоверности запасов, поскольку периодически производится по мере вовлечения в эксплуатацию новых фрагментов участка недр.



**Рис. 3**  
Варианты оценки достоверности запасов пласта 70 шахты «Талдинская Западная-1»

**Fig. 3**  
Options for assessing the confidence of resources of the «Taldinskaya Zapadnaya-1» mine's coal seam 70

Результаты мониторинга могут эффективно использоваться для уточнения риска недропользования как в корпоративных целях, так и в целях формирования биржевой отчетности недропользователя. Методика выполнения мониторинга официально рекомендована к применению по требованиям международно признанного Российского кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых (Кодекс НАЭН) и, таким образом, допускается к применению при выполнении международной экспертизы состояния сырьевого потенциала угольных компаний.

В качестве примера на рис. 3 приведены две оценки достоверности запасов пласта 70 поля шахты «Талдинская Западная-1»: по заключению государственной экспертизы и по результатам мониторинга достоверности запасов, совместно учитывающего критерии разведанности и полученные в отработанном контуре данные горных работ. Обе оценки свидетельствуют о приемлемом уровне имеющегося геологического риска. Однако результаты мониторинга дают более благоприятную оценку, подтверждаемую опытом ведения горных работ. Важно, что результаты мониторинга документально доказывают, что количество вероятных (probable – по классификации CRIRSCO) промышленных запасов по пласту 70 примерно в пять раз меньше, чем это следует из результатов государственной экспертизы. Остальные промышленные запасы угля относятся к доказанным (proved). Это благоприятно влияет на оценку величины капитализации сырьевого потенциала

шахты, поскольку стоимость доказанных промышленных запасов примерно в четыре раза превышает стоимость вероятных.

Полученные в ходе мониторинга результаты служат основой для дальнейшего создания локальных альтернативных моделей в границах участков, намеченных к отработке годовым планом развития горных работ, применяемых в целях оценки риска их реализации в части достижения заданных объемов добычи. При построении этих моделей в массив данных также добавляются фиктивные замеры (косвенные определения показателя). Однако порядок определения таких значений несколько отличается от ранее описанного. Величина фиктивного замера принимается равной среднему из двух значений показателя в точке пересечения диагоналей четырехугольной ячейки сети скважин  $K$ , увеличенному или уменьшенному (в зависимости от порядка пессимистической альтернативной модели) на половину их разности  $D$ , откорректированной по результатам мониторинга. Корректировка производится путем умножения разности  $D$  на поправочный коэффициент, равный частному от деления установленного в ходе мониторинга коэффициента пропорциональности  $k$  на его общее среднее значение (0,6 или 1,3 в зависимости от использованного для расчета критериев разведанности метода интерполирования).

Все работы по расчету критериев разведанности и мониторингу достоверности запасов выполняются с применением специально разработанного программного обеспечения.

### Заключение

Оценку факторов геологического риска угольного горного проекта необходимо выполнять на трех основных этапах освоения месторождения. По завершении геологоразведочных работ она может осуществляться с помощью геометрических критериев разведанности, учитывающих специфику угольных месторождений. На этапе проектирования предприятия – путем оценки реализуемости проектных решений в условиях, описываемых альтернативными горно-геометрическими моделями показателей, отстраиваемых с использованием искусственно созданных косвенных определений (т.е. дополнением традиционной многовариантности возможных проектных решений многовариантностью ожидаемых горно-геологических условий). На этапе эксплуатации данные об ожидаемых погрешностях геологической информации должны постоянно корректироваться в процессе обобщения накапливаемого опыта ведения горных работ в режиме мониторинга достоверности запасов.

Реализация предложенной схемы оценки факторов геологического риска позволяет заранее предусмотреть конкретные мероприятия по его управлению.

### Список литературы

1. Rendu J.-M. *Risk management in Evaluating Mineral Deposits*. Englewood: Society for Mining, Metallurgy and Exploration; 2017. 310 p.
2. *Australian Guidelines for the Estimation and Classification of Coal Resources*. 2014 edition. [https://jorc.org/docs/Coal\\_Guidelines\\_2014\\_-\\_Final\\_Ratified\\_Document.pdf](https://jorc.org/docs/Coal_Guidelines_2014_-_Final_Ratified_Document.pdf)
3. Рогова Т.Б., Шаглеин С.В. *Достоверность запасов угольных месторождений. Количественная оценка и мониторинг*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG; 2011. 508 с.

4. 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):26–37. <https://doi.org/10.26121/RON.2022.16.62.002>
5. Pisarenko M.V., Shaklein S.V. Recommendations on integrated evaluation of preparedness of coal deposits for mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;262(1):012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/262/1/012067>
6. Писаренко М.В., Рогова Т.Б., Шаклеин С.В. Учет неопределенности интерпретации данных при компьютерном построении горно-геометрических моделей угольных месторождений. *Маркшейдерский вестник*. 2018;(5):19–26.
7. Писаренко М.В. Методическое сопровождение комплексной оценки подготовленности угольных месторождений к рациональному промышленному освоению. *Рациональное освоение недр*. 2019;(4):26–31. <https://doi.org/10.1088/10.26121/RON.2019.62.28.002>

### References

1. Rendu J.-M. *Risk management in Evaluating Mineral Deposits*. Englewood: Society for Mining, Metallurgy and Exploration; 2017. 310 p.
2. *Australian Guidelines for the Estimation and Classification of Coal Resources*. 2014 edition. [https://jorc.org/docs/Coal\\_Guidelines\\_2014\\_-\\_Final\\_Ratified\\_Document.pdf](https://jorc.org/docs/Coal_Guidelines_2014_-_Final_Ratified_Document.pdf)
3. Rogova T.B., Shaklein S.V. *Reliability of coal deposits reserves. Quantitative assessment and monitoring*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG; 2011. 508 p. (In Russ.)
4. 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. *Ratsionalnoe Osvoenie Nedr*. 2022;(3):26–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.26121/RON.2022.16.62.002>
5. Pisarenko M.V., Shaklein S.V. Recommendations on integrated evaluation of preparedness of coal deposits for mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;262(1):012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/262/1/012067>
6. Pisarenko M.V., Rogova T.B., Shaklein S.V. The account of uncertainty of data interpretation at computer construction of mining and geometrical models of coal deposits. *Mine Surveying Bulletin*. 2018;(5):19–26. (In Russ.)
7. Pisarenko M.V. Methodical support for the comprehensive assessment of the preparedness of coal fields to rational industrial development. *Ratsionalnoe Osvoenie Nedr*. 2019;(4):26–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.1088/10.26121/RON.2019.62.28.002>

### Информация об авторах

**Шаклеин Сергей Васильевич** – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8421-6770>; e-mail: sv1950@mail.ru

**Писаренко Марина Владимировна** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-0096-1437>; e-mail: iu.kemsc@mail.ru

**Рогова Тамара Борисовна** – доктор технических наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-4585-2541>; rogtb@mail.ru

### Information about the authors

**Sergey V. Shaklein** – Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher, Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8421-6770>; e-mail: sv1950@mail.ru

**Marina V. Pisarenko** – Dr. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-0096-1437>; e-mail: iu.kemsc@mail.ru

**Tamara B. Rogova** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-4585-2541>; rogtb@mail.ru

### Article info

Received: 22.06.2023

Revised: 18.07.2023

Accepted: 21.07.2023

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.06.2023

Поступила после рецензирования: 18.07.2023

Принята к публикации: 21.07.2023