

ПРИНЦИПЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ЗНАЧИМОСТИ

В. Л. Гаврилов^{1,2}, Н. А. Немова¹, Е. А. Хоютанов², В. И. Ческидов¹

¹ Институт горного дела СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: mailigd@mysd.ru

² Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН, Якутск, Россия, e-mail: igds@ysn.ru

Аннотация: При большом количестве запасов и прогнозных ресурсов угля в стране лишь часть востребована внешними и внутренними потребителями. Высокая конкуренция на рынке топливно-энергетических ресурсов, изменяющиеся по времени и в пространстве спрос и предложение на различные марки и сорта угольной продукции определяют необходимость регулярной многосторонней оценки сырьевой базы действующих и создаваемых добывающих предприятий. При реализации инвестиционных проектов в сложных геополитических и геоэкономических условиях одним из способов снижения рисков является всестороннее изучение и отбор наиболее привлекательных для рационального освоения месторождений. Формулирование принципов их дифференциации по уровню геотехнологической, квалиметрической, экологической и инвестиционной значимости на основе анализа применяемых методических подходов и их развития актуализируется и определяет цель исследования. Выполненный анализ показал, что существует спектр различных по значимости и весомости подходов и критериев оценки, явных и не формализованных, дополняющих друг друга и противоречащих друг другу. Это позволяет при неопределенности рыночной среды, многообразии условий разработки, сложности строения залежей, неоднородности свойств полезного ископаемого и вмещающих пород формировать для отбора различные варианты и их сочетания, не исключая конъюнктурные и лоббистские. Предложенный в рамках развития концепции «цифровое месторождение» подход к ранжированию угольных залежей по значимости, сбалансированный с различных позиций, дает возможность более обоснованно переходить к их эффективному освоению.

Ключевые слова: Уголь, месторождение, потенциал, добывающая компания, принцип, дифференциация, значимость.

Исследование выполнено по проекту № 121051900145-1.

Для цитирования: Гаврилов В. Л., Немова Н. А., Хоютанов Е. А., Ческидов В. И. Принципы дифференциации угольных месторождений по значимости // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 12-2. – С. 5–15. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_122_0_5.

Principles of differentiation of coal deposits by significance

V. L. Gavrilov^{1,2}, N. A. Nemova¹, E. A. Khoiutanov², V. I. Cheskidov¹

¹ Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630091, Russia, e-mail: mailigd@mysd.ru

² Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, 677980, Russia, e-mail: igds@ysn.ru

Abstract: With a large number of reserves and predicted resources of coal in the country, only a part is in demand by external and internal consumers. High competition in the market of fuel and energy resources, changing in time and location, demand and supply for various brands and grades of coal products determine the need for a regular multilateral assessment of the raw material base of existing and established mining enterprises. When implementing investment projects in difficult geopolitical and geo-economic conditions, one of the ways to reduce risks is a comprehensive study and selection of the most attractive fields for rational development. The formulation of the principles of their differentiation according to the level of geotechnological, qualimetric, environmental and investment significance based on the analysis of the applied methodological approaches and their development is updated and determines the purpose of the study. The performed analysis showed that there is a range of different approaches and evaluation criteria of different significance and weight, explicit and not formalized, complementary and contradictory. This makes it possible, given the uncertainty of the market environment, the variety of development conditions, the complexity of the structure of deposits, the heterogeneity of the properties of minerals and rocks, to form various options and their combinations for selection, not excluding conjunctural and lobbying. The order of ranking of coal deposits by importance, balanced from various positions, proposed as part of the development of the digital deposit concept, makes it possible to move more reasonably to their effective development.

Key words: Coal, deposit, potential, mining company, principle, differentiation, significance.

The study was carried out according to project No. 121051900145-1.

For citation: Gavrilov V. L., Nemova N. A., Khoiutanov E. A., Cheskidov V. I. Principles of differentiation of coal deposits by significance. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(12-1):5–15. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_122_0_5.

Введение

В России Госбалансом учитывается большое количество угольных месторождений с запасами на 01.01.2022 г. в 274,3 млрд т (бурые угли — 53%, каменные — 44%, антрациты — 3%). Еще 55,8 млрд т находится за балансом [1]. Согласно Государственному докладу о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов России, страна обладает высоким потенциалом воспроизводства запасов угля — прогнозные ресурсы категорий P_1 (468,0 млрд т) и P_2 (388,0 млрд т) в условном пересчете на C_2 составляют 331 млрд т. Более 60% прогнозных ресурсов в 2021 году приходится на каменные угли. Анализ количественных изменений данных параметров в динамике показывает, что значительная часть запасов и ресурсов остаются не востребованными десятки

лет, часть интенсивно расходуется, а часть является дефицитной и требует восполнения [2]. Магия больших цифр не отражает значимости тех или иных месторождений с позиций геотехнологии, квалиметрии, экологии, инвестиционной и экономической привлекательности.

В современном быстро трансформирующемся мире между секторами топливно-энергетического комплекса и видами энергоносителей существует высокая конкуренция. Спрос и предложение на различные марки и сорта угольной продукции, требования к её качеству изменяются во времени и географически. В эксплуатацию вовлекаются сложные по геологическим и геотехнологическим факторам участки недр, имеющие уголь и вмещающие его породы с неоднородными свойствами. Это определяет целесообразность регу-

лярной многосторонней оценки и переоценки сырьевой базы действующих, строящихся и планируемых к созданию добывающих предприятий с использованием комплекса различных принципов. Последние, в свою очередь, также могут меняться со временем. В данной ситуации актуальность изучения существующих подходов к дифференциации месторождений угля по уровням их значимости для заинтересованных сторон (человек, регион, государство, потребитель, инвестор, пользователь недр) и рассмотрение направлений развития работ в выбранном направлении повышается, формируя цель работы.

Методы

Использовались анализ и обобщение информации по вопросам дифференциации угольных месторождений по уровню их геотехнологической, квалитетической, экологической и инвестиционной значимости. Основа исследования: рассмотренные и изученные нормативно-методические документы, статьи, монографии, доклады по обозначенной выше тематике, отражающие многообразие мнений их авторов.

Результаты и их обсуждение

Для более точного понимания отмеченной выше проблематики обозначим принятое научным сообществом толкование ключевых слов, сформулированное в энциклопедических и специализированных словарях. Принцип — основное исходное руководящее положение теории, учения, убеждение, особенность. Дифференциация — возникновение и разделение в составе группы объектов, установленной на основе заданных признаков или критериев, систематических единиц более низкого ранга; различия между объектами и продукцией, обуславливающие у потребителей предпочтения другим

объектам или продуктам. Значимость (близкие синонимы: ценность, важность, весомость, полезность) — свойство объекта, присущее ему не от природы или в силу внутренней структуры, а проявляющееся в результате субъективных оценок его свойств в результате вовлечения в сферу производства для удовлетворения каких-либо потребностей. Объект обретает значимость, когда становится предметом потребности.

Анализ работ по тематике, связанной с классификацией и группировкой угольных месторождений как объектов освоения, показывает, что применяются дополняющие и противоречащие друг другу целевые подходы и критерии для всестороннего определения значимости. Например, по: сложности геологического строения залежей [3, 4]; генетическому происхождению и условиям образования месторождений [5, 6]; уровням их разведанности, изученности и степени достоверности определения запасов [4, 7]; маркам, группам и подгруппам угля, величине извлекаемых запасов и условиям их расположения [1, 8, 9]; уровням изменчивости свойств полезного ископаемого в запасах и содержащихся в нем опасных примесей [3, 10]; сложности освоения и способу обработки [9, 11]; наличию необходимой инфраструктуры, экономической эффективности и степени промышленного освоения [12, 13]; направлению использования угольной продукции, уровням воздействия на компоненты окружающей среды и условиям ресурсосберегающей разработки [14, 15]; сложности системного управления процессами и качеством угольной продукции [3, 9]; инвестиционной, бюджетной и экологической привлекательности для всех заинтересованных сторон, проявляющейся во время жизненного цикла добывающего предприятия [3, 16].

Разделение залежей по значимости (пределная, достижимая, инвестиционная, экологическая) позволяет рассмотреть проявление сложного и его отдельных уровней по стадиям разведки и освоения, а далее более обоснованно перейти к вещественной и стоимостной оценке запасов месторождений угля [17].

Горные компании, использующие в практике своей работы большие объемы первичной и обработанной информации обо всех аспектах своей деятельности, включающие, безусловно, и сведения об объектах освоения, должны быть готовы извлекать максимальную выгоду из них. Основное внимание здесь должно уделяться следующим стратегическим вопросам: технологиям, вовлечению руководства, закреплению квалифицированных кадров, продуманной структуре управления данными, системной интеграции, внедрению новых способов хранения, извлечения и обработки данных по всей цепочке создания стоимости [18]. Методы обработки и интерпретации имеющейся в архивах, в том числе на бумажных носителях, первичной геофизической информации по оценке свойств геосреды [18, 19] способствуют более полному использованию данных о геосреде для решения текущих задач рационального недропользования.

Рассмотрим часть подходов подробнее, акцентируя внимание на составляющей значимости. Последняя связана с вопросами квалиметрической оценки угля в запасах и последующей управляемой трансформации его свойств до конкурентного уровня.

Вопросам оценки свойств угля в недрах и формируемых технологических потоках уделяется достаточно внимания. Однако по ряду причин они не всегда и не в полной мере отражают и учитывают особенности осваиваемых

залежей, специфику современных геотехнологий, изменчивые требования рынков сбыта. Это способствует тому, что природный потенциал месторождений раскрывается не полностью и далее недостаточно реализуется при добыче и переработке угля.

Дифференциацию можно трактовать как элемент стратегии производителя, основанной на обладании объектом (месторождением) или создаваемым продуктом с уникальными характеристиками, дающими потребителю ценность, превосходящую другие предложения [17]. Ценность может выражаться в повышении эффективности использования сырья, сокращении издержек его потребления. Приемлемый для потребителя рост цены должен компенсировать издержки предприятия для поддержания признака дифференциации. Например, по зольности, спекаемости, содержанию опасных примесей, стабильности свойств угля во времени. Возможно использование горизонтальной дифференциации, когда разные объекты или товары удовлетворяют разные потребности. И вертикальной, когда объекты или товары, имеющие различные характеристики и ранжированные по измеряемым критериям (цена, качество), удовлетворяют одну потребность.

Учитывая тесную взаимосвязь привлекательности залежей с вопросами оценки качества угля, отметим проанализированные в [20] принципы управления качеством (ISO 9001:2015 и ISO 9000:2005), имеющие отношение к вопросу дифференциации. 1. Ориентация на потребителя, когда организации, завися от них, должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять требования и стремиться превзойти ожидания. 2. Вовлечение работников всех уровней с выгодным и полным использованием их

способностей для достижения цели организации. 3. Подход, при котором ожидаемый результат достигается эффективнее из-за управления деятельностью и ресурсами как процессом. 4. Постоянное улучшение деятельности организации в целом. 5. Принятие эффективных решений, основанных на анализе данных и информации. 6. Важность управляемых взаимоотношений и связей со всеми заинтересованными сторонами, включая потребителей и поставщиков, для повышения устойчивости организации и достижения ею целей работы.

Для обеспечения сбалансированного производства и потребления энергетических и коксующихся углей по бассейнам, месторождениям, компаниям и стране в целом, включая создание условий для расширения сырьевой базы в восточных и арктических регионах, Министерством природных ресурсов и экологии РФ в программе лицензирования угольных месторождений был сформирован, а далее (в докладе о реализации Стратегии развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года) обновлен перечень предлагаемых к лицензированию участков недр. При составлении использовались следующие принципы. 1. Обеспечение потребности в добыче угля в плановых объемах для социально значимых предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, ликвидируемых шахт, реконструкции и продления работы действующих, ввода новых объектов. 2. Учет потребности рынка в коксующихся и энергетических углях, включая особо ценные и дефицитные марки ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС, СС, Т. 3. Возможность создания крупных и эффективных производств, преимущественно с открытым способом отработки и максимальным исключением особо опасных участков недр по горно-

геологическим условиям. 4. Расположение вблизи действующих производств и объектов транспортной инфраструктуры с учётом развития сети железных дорог и экспортных терминалов. 5. Совместное лицензирование «сдвоенных» участков недр в пределах одного субъекта, ориентированное на добычу на новых площадях с действующими горными работами, являющимися убыточными, аварийными, планируемыми к ликвидации.

Для разных уровней эффективного планирования и управления добычей необходимы локальные обоснования сетей разведки, доразведки, опробования (опережающего и забойного) месторождений на основе количественных показателей. Плотность таких сетей с позиций точности и достоверности подсчета запасов угля по маркам и группам, оценки ошибок геометризации и планирования не всегда в полной мере учитывает сложность месторождений, выявляемую в процессе их отработки [3, 21].

Общая идея концепции развития геологоразведочных работ при освоении месторождений в границах лицензии, в первую очередь с запасами углей, пригодных для производства металлургического кокса, предполагает рассматривать такие работы с позиций уточнения запасов при передаче их на баланс недропользователя и детализации оцениваемого объекта в заданных границах для правильного формирования сырьевой базы предприятия [2, 21].

В условиях имеющейся неопределённости при переходе знаний о запасах полезного ископаемого сложных объектов к знаниям о свойствах добытой горной массы точность построения планов ведения горных работ не всегда дает возможность создавать на этой основе товарную продукцию с задан-

ными параметрами. Рост уровня обоснованности принимаемых решений возможен, но это требует полного и точного понимания на каждый конкретный момент времени всех видимых и скрытых особенностей месторождений.

Повышение уровня технологической эффективности, экономической целесообразности и экологической приемлемости освоения угольных месторождений следует проводить с учётом следующих позиций. 1. Утверждённые запасы, являясь с позиций недропользователя вероятностными и в определённой степени недостоверными, требуют постоянного дополнительного изучения в процессе многоэтапного освоения месторождений. 2. Рост эффективности освоения достигается путём рационального комбинирования различных технологий, их параметров, организационных мер и приёмов. 3. Все звенья цепочек поставок в трудно прогнозируемой конкурентной среде должны рассматриваться как единая, динамическая система «георесурс — потребитель». 4. При росте требований к охране окружающей среды целесообразен пересмотр подходов к оценке реальной и мнимой опасности угольной отрасли.

Следует чётко понимать, что в современном недропользовании на первый план выходит информация. Товаром становятся не ресурсы и запасы минерального сырья, а объективные, полные и достоверные знания о месторождениях, их реальном экономическом потенциале и целесообразности проведения стадийного изучения недр, добычи и переработки извлекаемых запасов [22, 23].

Компьютерные технологии с новыми мощными пакетами программного обеспечения и сложными приборами обеспечивают кратное увеличение вычислительной мощности, объема

памяти и графических возможностей, позволяют обрабатывать и анализировать огромные объёмы данных [24, 25]. Однако существуют определенные риски того, что обработанные и представленные в виде многоцветных трехмерных поверхностей цифровые данные могут обрести собственную жизнь, оторванную от реальности. Существует растущая опасность того, что, сосредоточившись на обработке данных, исследователи могут упустить из виду необходимость качественного сбора данных [26].

Обобщая, сформулируем ряд принципов дифференциации запасов угольных залежей различной сложности строения и их геотехнологического картирования.

Превентивное использование малоотходных технологий. Рост издержек предприятий на экологию ведет к падению их эффективности в будущем, но на текущей прибыли это может отражаться слабо. Предпочтительнее использовать превентивные, а не компенсационные природоохранные мероприятия, когда малоотходные технологии внедрять выгоднее, чем складировать, хранить и очищать продукты добычи вслед за основными производственными процессами.

Рост уровня знаний о геосреде для принятия рациональных решений. Необходимость повышения уровня знаний об особенностях геологической и геотехнологической сред для принятия всесторонне обоснованных решений по добыче сырья с удовлетворяющими потребителей свойствами определяют: постоянно изменяющийся рынок, многообразие и неоднородность свойств угля, расширенное понимание конкурентоспособности, совершенствование технологий добычи и переработки угля, развитие системного подхода к управлению качеством предприятий и продукции.

Полнота и достоверность информации о качестве угля. Неполнота и недостаточный уровень информации о поставляемом угле усложняют объективное сравнение его с аналогами при формировании цен. Существующие подходы к оценке свойств сырья в недрах и технологических потоках не в полной мере учитывают особенности месторождений. Это ведет к неполному раскрытию их природного потенциала и далее — к неполной мере его реализации при добыче угля.

Оперативный учет изменений требований рынка к качеству угольной продукции. Высокие требования к свойствам поставляемого на конкурентные рынки угля определяют то, что добывающие предприятия вынуждены использовать при оценке запасов и готовой продукции те показатели качества, с помощью которых покупатель оценивает пригодность угля для определённого вида использования.

Формирование решений на основе моделирования запасов и процессов добычи угля для снижения рисков. Представительная эксплуатационная разведка, опережающее и забойное опробование, адаптированные к уровню сложности угольных месторождений и запасов в них, дополняемые результатами геостатистического моделирования и контроля качества добытого угля в технологических потоках, позволяют снизить риски недостоверной оценки каждого обрабатываемого пласта и участка.

Оценка достоверности потенциала месторождений. Запасы, их доля с заданными пределами уровня качества, средние значения отдельных показателей угля, содержания опасных и полезных компонентов в нём, оцениваются с ошибками. При равных средних значениях свойств угля вид их статистического распределения на разных

участках может различаться, усложняя оценку потенциала месторождений, планирование и ведение добычных работ.

Формирование типовых моделей пластов. Целесообразно создание условно типовых моделей пластов и месторождений, отражающих: классификационные и геолого-промышленные параметры; условия накопления и углефикации; морфологию и параметры пластов и вмещающих пород; показатели качества угля; характер распределения и условия локализации полезных и опасных компонентов.

Ресурсосберегающая отработка запасов в границах конструктивных и геолого-экономических кластеров. Геологические границы пластов и запасов угля в них с учетом марочного состава и потребительских свойств могут не совпадать в пространстве с границами конструктивных и геолого-экономических кластеров в выемочных единицах, участках, блоках. Это требует дополнительной оперативной адаптации параметров геотехнологий к новым условиям.

Цифровизация запасов угля и геотехнологий их извлечения. Цифровизация георесурса и геотехнологий позволяет на основе многовариантного планирования формировать более полную картину освоения месторождений, ориентированную на рост эффективности работы угольных компаний при различных сценариях.

Суммируя, отметим, что рассмотренные выше подходы и результаты анализа и обобщения позволяют перейти к более точной дифференциации по уровням значимости угольных месторождений, их участков и пластов, например, включенных в сформированные с участием авторов базы данных «Угольные месторождения России брахисинклинального типа» и «Угольные

месторождения заполярной зоны Якутии (Свидетельства о госрегистрации №2022622496 и №2014621506).

Заключение

Дифференциацию месторождений по значимости целесообразно рассматривать как единый процесс горно-геологического, технико-экономического, математического и имитационного моделирования множества последовательно-параллельных операций многоэтапного освоения, при которых дискретные элементы последующего

уровня выступают объектами, изученными на предыдущем уровне.

Сформулированные принципы дифференциации и картирования запасов месторождений угля с различной сложностью строения позволяют в неопределенной рыночной среде с учётом неоднородности свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, многообразия условий разработки формировать из множества различных вариантов и их сочетаний наиболее рациональные, эффективные и ресурсосберегающие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушенцов А. А., Латыпов З. Г., Кандалова Е. Б., Крылов В. В., Гусарева Т. В. Государственный баланс запасов полезных ископаемых РФ на 01.01.2022 г. Уголь. Сводные данные // ФГБУ «Росгеолфонд». — М.: — 2022. — Вып. 91, т. 1. — 300 с.
2. Шаклеин С. В., Писаренко М. В. Оценка балансовых запасов сырьевой базы коксующихся углей // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. — 2023. — № 2. — С. 60–67. DOI: 10.20403/2078-0575-2023-2-60-67.
3. Геотехнологии открытой добычи на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями / ред. С. М. Ткач. — Новосибирск: Гео, 2013. — 307 с.
4. Рогова Т. Б., Шаклеин С. В., Ярков В. О. О группировке угольных месторождений по сложности геологического строения // Недропользование XXI век. — 2019. — № 2. — С. 42–51.
5. Безручко К. А., Матрофайло М. Н. Генетическая типизация разновидностей изменчивости морфологии угольных пластов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2014. — № 7. — С. 135–142.
6. Pohl W. L. Economic Geology: Principles and Practice. Wiley-Blackwell, 2011, 688 p.
7. Paraskevis N., Roumpou S., Stathopoulos N., Adam A. Spatial analysis and evaluation of a coal deposit by coupling ANP & GIS techniques // International Journal of Mining Science and Technology. 2019, Vol. 29, Iss. 6, pp. 943–953. DOI: 10.1016/j.ijmst.2019.04.002.
8. Иванов В. П., Охотников К. В., Торгунаков А. А. Роль промышленно-энергетической классификации ископаемых углей в новой классификации геологических запасов ТПИ // Недропользование XXI век. — 2017. — № 6. — С. 104–111.
9. Фрейдина Е. В., Ботвинник А. А., Дворникова А. Н. Системное управление качеством углей при открытой разработке месторождений Сибири. — Новосибирск: Наука, 2019. — 264 с.
10. Soofastaei A. Data Analytics Applied to the Mining Industry. Taylor & Francis Group, LLC, 2021, 273 p.
11. Такранов Р. А., Литвинова А. А. Влияние горно-геологических условий на сложность открытой разработки угольных месторождений Кузбасса // Записки горного института. — 2013. — Т. 204. — С. 82–90.
12. Кузьмина А. О., Карпенко Н. В., Попов С. М., Рожков А. А. Экономическая оценка вариантов перспективного развития производственной подсистемы экспортно-ориентированных угольных компаний // Горная промышленность. — 2021. — № 4. — С. 101–105. DOI 10.30686/1609-9192-2021-4-101-105.

13. Коваль А. О. Типизация вариантов формирования экономических потенциалов участников создания новых центров угледобычи и критерии их оценки // Инновации и инвестиции. — 2021. — № 6. — С. 28–32.

14. Эпштейн С. А., Шинкин В. К. Показатели качества углей для разных направлений использования // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 4. — С. 5–16. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_4_0_5.

15. Попов С. М., Ефимов В. И., Коваль А. О., Корчагина Т. В. Методологические основы оценки экономического потенциала освоения перспективных угольных месторождений. — Кемерово: ООО «Сибирский ИГД», 2022. — 155 с.

16. Шулятьева Л. И. Системный подход к оценке инвестиционной привлекательности отработки сложных угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 6. — С. 231–238.

17. Gavrilov V. L., Freidina E. V. An Approach to Differentiation and Evaluation of Mineral Resource Potential in Coal Mining // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022, No 991, 012007. DOI:10.1088/1755-1315/991/1/012007.

18. Bateman R. M. Formation Evaluation with Pre-Digital Well Logs. Oxford, Elsevier, 2020, 266 p.

19. Khoyutanov E. A., Gavrilov V. L. Procedure for Estimating Natural and Technological Components in Ash Content of Produced Coal // Journal of Mining Science. 2018, T. 54, No 5, pp. 782–792.

20. Батугина Н. С., Гаврилов В. Л., Ткач С. М. Принципы ресурсосберегающего управления качеством при поставках угля в труднодоступные районы северо-востока России // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. — 2019. — Т. 24, № 2. — С. 64–73.


21. Иванов В. П., Дмитриенко А. А., Охотников К. В. Концепция развития исследовательских геологоразведочных работ при разработке запасов углей в границах лицензии // Недропользование XXI век. — 2023. — № 1. — 105–109.

22. Koracz M., Kulpa J., Galica D., Dyczko A., Jarosz J. Economic valuation of coal deposits — The value of geological information in the resource recognition process // Resources Policy. 2019, Vol. 63, 101450. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101450.

23. Кимельман С. А. О влиянии недропользования на валовый внутренний продукт и консолидированный бюджет // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2020. — № 3. — С. 34–41.

24. Corallo A., Crespino A. M., Vecchio V. D., Gervasi M., Lazoi M., Marra M. Evaluating maturity level of big data management and analytics in industrial companies // Technological Forecasting and Social Change. 2023, Vol. 196, 122826. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122826.

25. Bag S., Rahman M. S., Srivastava G., Chan H-L., Bryde D. J. The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events // International Journal of Production Economics. 2022, Vol. 251, 108541. DOI: 10.1016/j.ijpe.2022.108541.

26. Marjoribanks R. Geological Methods in Mineral Exploration and Mining. Springer, 2010, 248 p. 

REFERENCE

1. Sushencov A. A., Latypov Z. G., Kandalova E. B., Krylov V. V., Gusareva T. V. State balance of mineral reserves of the Russian Federation as of January 01, 2022. Coal. Summary data. Moscow, 2022, vol. 1, 488 p. [In Russ].

2. Shaklein S. V., Pisarenko M. V. Assessment of balance reserves of the raw material base of coking coals Geology and Mineral Resources of Siberia, 2023, No 2, pp.60–67. DOI: 10.20403/2078-0575-2023-2-60-67. [In Russ].

3. Open Pit Mining Technologies for Mineral Deposits in Complex Geological Conditions. Novosibirsk: Geo, 2013, 307 p. [In Russ].
4. Rogova T. B., Shaklein S. V., Yarkov V. O. On the Grouping of Coal Deposits by the Complexity of the Geological Structure. *21 Century Subsoil Use*, 2019, No 2, pp. 42–51 [In Russ].
5. Bezruchko K. A., Matrofailo M. N. Genetic Typing of Variation in Morphology of Coal Seams. *Minerals and Mining Engineering*. 2014, No 7, pp. 135–142 [In Russ].
6. Pohl W. L. *Economic Geology: Principles and Practice*. 2011, Wiley-Blackwell, 688 p.
7. Paraskevis N., Roumpos C., Stathopoulos N., Adam A. Spatial analysis and evaluation of a coal deposit by coupling AHP & GIS techniques. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2019, vol. 29, iss. 6, pp. 943–953. DOI: 10.1016/j.ijmst.2019.04.002.
8. Ivanov V. P., Okhotnikov K. V., Torgunakov A. A. The Role of Industry and Energy Classification of Fossil Coal in the New Classification of Geological Reserve of Solid Minerals. *21 Century Subsoil Use*, 2017, No 6, pp.104–111. [In Russ].
9. Freidina E. V., Botvinnik A. A., Dvornikova A. N. Systematic Management of Coal Quality in Open-pit Mining in Siberia, Novosibirsk: Science, 2019, 264 p. [In Russ].
10. Soofastaei A. *Data Analytics Applied to the Mining Industry*. 2021, Taylor & Francis Group, LLC, 273 p.
11. Takranov R. A., Litvinova A. A. Influence Condition of Ground on Complexity in the Process Open Pit Kuzbas's Coal Deposits. *Journal of Mining Institute*, 2013, vol. 204, pp. 82–90 [In Russ].
12. Kuzmina A. O., Karpenko N. V., Popov S. M., Rozhkov A. A. Economic Assessment of Options for Prospective Development of Production Subsystem of Export-Oriented Coal Companies. *Russian Mining Industry*, 2021, No 4, pp. 101–105. [In Russ].
13. Koval A. O. Typification of Options for the Formation of Economic Potentials Among Participants in the Creation of New Coal Mining Centers and Criteriafor their Evaluation. *Innovations and Investments*. 2021, No 6, pp. 28–32. [In Russ].
14. Epshtein S. A., Shinkin V. K Quality indices of coals for different directions of use. *MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2022, No 4, pp. 5–16. [In Russ].
15. Popov S. M., Efimov V. I., Koval A. O., Korchagina T. V. Methodological Bases for Assessing the Economic Potential for the Development of Promising Coal Deposits. *Kemerovo, Siberian IMS*. 2022, 155 p. [In Russ].
16. Shulyat'eva L. I. A Systematic Approach to the Assessment of Investment Attractiveness of the Mining Complex Coal Deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, No 6, pp. 231–238. [In Russ].
17. Gavrilov V. L., Freidina E. V. An Approach to Differentiation and Evaluation of Mineral Resource Potential in Coal Mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022, No 991, 012007. DOI:10.1088/1755-1315/991/1/012007.
18. Bateman R. M. *Formation Evaluation with Pre-Digital Well Logs*. Oxford, Elsevier, 2020, 266 p.
19. Khoyutanov E. A., Gavrilov V. L. Procedure for Estimating Natural and Technological Components in Ash Content of Produced Coal. *Journal of Mining Science*, 2018, vol. 54, No 5. pp. 782–792.
20. Batugina N. S., Gavrilov V. L., Tkach S. M. Principles of Resource-saving Management of Quality for Coal Supply to the Hard-to-reach Regions of the North-East of Russia. *Arctic and Subarctic Natural Resources*, 2019, vol. 24, No. 2, pp. 64–73. [In Russ].
21. Ivanov V. P., Dmitrienko A. A., Okhotnikov K. V. Strategy for the Development of Research and Exploration Activities in the Development of Coal Reserves by a Subsurface User Within the Boundaries of the License. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2023, no 1, pp. 105–109. [In Russ].
22. Kopacz M., Kulpa J., Galica D., Dyczko A., Jarosz J. Economic valuation of coal deposits The value of geological information in the resource recognition process. *Resources Policy*, 2019, vol. 63, 101450. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101450.

23. Kimelman S. A. Regarding the Influence of Natural Resources Management on Gross Domestic Product and Consolidated Budget. *Mineral Resources of Russia. Economics & Management*, 2020, No 3, pp. 34–41. [In Russ].

24. Corallo A., Crespino A. M., Vecchio V. D., Gervasi M., Lazoi M., Marra M. Evaluating maturity level of big data management and analytics in industrial companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 2023, vol. 196, 122826. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122826.

25. Bag S., Rahman M. S., Srivastava G., Chan H-L., Bryde D. J. The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events. *International Journal of Production Economics*, 2022, vol. 251, 108541. DOI: 10.1016/j.ijpe.2022.108541.

26. Marjoribanks R. *Geological Methods in Mineral Exploration and Mining*. Springer, 2010, 248 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гаврилов Владимир Леонидович — канд. техн. наук, <http://orcid.org/0000-0002-2401-455X>, Институт горного дела СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный проспект, д. 54, Россия, e-mail: gvlugorsk@mail.ru;

Немова Наталья Анатольевна — канд. техн. наук, <http://orcid.org/0000-0002-0077-3404>, Институт горного дела СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный проспект, д. 54, Россия, e-mail: nemova-nataly@mail.ru;

Хоютанов Евгений Александрович — канд. техн. наук, <http://orcid.org/0000-0001-5753-9777>, Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН, 677980, Якутск, Проспект Ленина, д. 43, Россия, e-mail: khoiutanov@igds.ysn.ru;

Ческидов Владимир Иванович — канд. техн. наук, <http://orcid.org/0000-0001-5584-7821>, Институт горного дела СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный проспект, д. 54, Россия, e-mail: cheskid@misd.ru.

Для контактов: *Немова Наталья Анатольевна*, e-mail: nemova-nataly@mail.ru.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gavrilov V. L., Cand. Sci. (Eng.), <http://orcid.org/0000-0002-2401-455X>, N. A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasny pr. 54, Novosibirsk, Russia, 630091, e-mail: gvlugorsk@mail.ru;

Nemova N. A., Cand. Sci. (Eng.), <http://orcid.org/0000-0002-0077-3404>, N. A. Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasny pr. 54, Novosibirsk, Russia, 630091, e-mail: nemova-nataly@mail.ru;

Khoiutanov E. A., Cand. Sci. (Eng.), <http://orcid.org/0000-0001-5753-9777>, N. V. Chersky Institute of Mining of the North Siberian Branch Russian Academy of Sciences, 43 Lenin pr., Yakutsk, 677980, Russia, e-mail: khoiutanov@igds.ysn.ru;

Cheskidov V. I., Cand. Sci. (Eng.), <http://orcid.org/0000-0001-5584-7821>, N. A. Chinakal Institute of Mining Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Krasny pr., 54, 630091, Russia, Novosibirsk, e-mail: cheskid@misd.ru;

Corresponding author: *Nemova N. A.*, e-mail: gvlugorsk@mail.ru.

Получена редакцией 05.10.2023; получена после рецензии 23.10.2023; принята к печати 10.11.2023.

Received by the editors 05.10.2023; received after the review 23.10.2023; accepted for printing 10.11.2023.

