

Геолого-экономическая оценка Каа-Хемского угольного месторождения Республики Тыва: проблемы и перспективы развития

В.О. Ооржак✉

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Кызыл, Российская Федерация

✉ v.oorgak@yandex.ru

Резюме: В статье представлены результаты комплексной геолого-экономической оценки Каа-Хемского каменноугольного месторождения, расположенного в центральной части Республики Тыва. Актуальность исследования обусловлена необходимостью вовлечения в эффективный хозяйственный оборот угольных ресурсов для обеспечения энергетической безопасности и промышленного развития макрорегиона в условиях изменяющейся конъюнктуры рынка. Целью исследования является определение инвестиционной привлекательности и ключевых барьеров освоения месторождения на основе анализа геологических, горнотехнических, инфраструктурных и рыночных факторов. Методы исследования включали критический анализ данных геологоразведочных работ, сравнительный анализ технологических схем разработки, оценку транспортной логистики, а также анализ чувствительности экономической модели к изменению ключевых параметров (себестоимость, цена угля, капитальные затраты). В результате установлено, что несмотря на значительные ресурсы угля марки Г и ГЖ, характеризующиеся благоприятными технологическими свойствами, рентабельность проекта в среднесрочной перспективе остается низкой. Главными сдерживающими факторами являются экстремальная удаленность от крупных потребителей и железнодорожных магистралей, высокие удельные капитальные затраты на создание горнодобывающего комплекса и транспортной инфраструктуры, а также сложные горно-геологические условия залегания пластов. Новизна работы заключается в комплексном, количественно обоснованном подходе к оценке, где экономические риски увязаны не только с рыночными ценами, но и с уникальными региональными особенностями Республики Тыва. Главный вывод – освоение Каа-Хемского месторождения на текущем этапе является не столько коммерческим, сколько стратегическим и социально-экономическим проектом, целесообразность которого должна оцениваться в контексте долгосрочных программ развития Республики Тыва.

Ключевые слова: Каа-Хемское угольное месторождение, геолого-экономическая оценка, балансовые запасы угля, горнотехнические условия, транспортная инфраструктура, экономика минерального сырья, Республика Тыва, каменный уголь, рентабельность освоения месторождения

Благодарности: Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Тувинским институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН по проекту №1023033100464-7-1.5.1

Для цитирования: Ооржак В.О. Геолого-экономическая оценка Каа-Хемского угольного месторождения Республики Тыва: проблемы и перспективы развития. *Горная промышленность*. 2026;(4):114–117. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-4-114-117>

Geological and economic assessment of the Kaa-Khem coal deposit in the Republic of Tyva: challenges and development prospects

V.O. Oorzhak✉

Tuvan Institute for Integrated Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl,
Russian Federation

✉ v.oorgak@yandex.ru

Abstract: This article presents the results of a comprehensive geological and economic assessment of the Kaa-Khem coal deposit, located in the central part of the Republic of Tyva. The relevance of the study is explained by the need to efficiently utilize coal resources to ensure energy security and industrial development of the macro region in the changing market environment. The objective of the study is to determine the investment attractiveness and the key barriers to deposit development based on analyzing the geological, mining, infrastructure, and market factors. The research methods included a critical analysis of the geological exploration data, a comparative analysis of field development plans, an assessment of logistics, and an analysis of the

economic model sensitivity to changes in the key parameters, i.e. the coal price, production and capital costs. The study revealed that, despite significant D-grade coal resources characterized by favorable technological properties, the project's medium-term profitability remains low. The main constraints include the extreme remoteness from the key consumers and railway lines, high specific capital costs of developing the mining facilities and transport infrastructure, as well as complex geological conditions. The novelty of this work lies in its comprehensive, quantitatively justified approach to assessment, which links the economic risks not only to the market prices but also to the unique regional characteristics of the Republic of Tyva. The main conclusion is that development of the Kaa-Khem deposit at the current stage is not so much a commercial project as a strategic and socio-economic one, which feasibility needs to be assessed within the context of the Republic of Tyva's long-term development programs.

Keywords: Kaa-Khem coal deposit, geological and economic assessment, balance coal reserves, mining conditions, transport infrastructure, mineral economics, Republic of Tyva, hard coal, economic feasibility of developing the deposit

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, under project No.1023033100464-7-1.5.1

For citation: Oorzhak V.O. Geological and economic assessment of the Kaa-Khem coal deposit in the Republic of Tyva: challenges and development prospects. *Russian Mining Industry*. 2026;(4):114–117. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-4-114-117>

Введение

В современной мировой и российской экономике уголь сохраняет роль важного энергетического и технологического сырья несмотря на глобальные тренды энергоперехода¹. В этом контексте активизируется поиск и оценка новых сырьевых баз, способных обеспечить долгосрочную стабильность снабжения. Каа-Хемское каменноугольное месторождение, открытое во второй половине XX в. и расположенное в Улуг-Хемском каменноугольном бассейне Республики Тыва, рассматривается как один из потенциально значимых объектов региона [1].

Актуальность данного исследования обусловлена рядом факторов. Во-первых, это стратегическая задача диверсификации и развития экономики Республики Тыва, обладающей значительным минерально-сырьевым потенциалом, но характеризующейся сложными социально-экономическими условиями. Во-вторых, это необходимость в создании локальной энергетической базы для устойчивого развития региона, снижающей зависимость от дорогостоящего привозного топлива. В-третьих, в условиях санкционного давления и переориентации экспортных потоков на восток новые угольные месторождения в восточных регионах России приобретают дополнительную значимость [2].

Проблема исследования заключается в существенном противоречии между значительными геологическими запасами и ресурсами Каа-Хемского месторождения и комплексом экономических, инфраструктурных и горно-геологических ограничений, делающих его освоение высокочрезвычайным и высокорисковым. В отличие от хорошо изученных месторождений Кузбасса или Восточной Сибири вопросы экономической целесообразности разработки Каа-Хемского месторождения в современной научной литературе освещены недостаточно.

Целью работы является комплексная геолого-экономическая оценка Каа-Хемского угольного месторождения для определения условий и перспектив его рентабельного развития.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) проанализировать и систематизировать геолого-промышленные параметры месторождения;
- 2) выявить ключевые технологические и инфраструктурные ограничения;

- 3) разработать рекомендации и сценарии, направленные на повышение инвестиционной привлекательности проекта.

Материалы и методы

Исследование носит междисциплинарный характер и основано на применении комплекса аналитических и оценочных методов.

1. *Дескриптивный и сравнительный анализ*: применялся для обобщения геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий месторождения.
2. *Технологический анализ*: использовался для сравнения возможных способов разработки (открытый/подземный) и оценки их технологической эффективности.
3. *Экономико-математическое моделирование*: основа построения упрощенной финансовой модели, включающей оценку капитальных (CAPEX) и операционных (OPEX) затрат, расчет ключевых показателей эффективности (NPV, IRR, срок окупаемости).
4. *Анализ чувствительности*: ключевой метод для оценки устойчивости проекта. Проведен по трем наиболее волатильным параметрам: цена реализации угля (изменение $\pm 30\%$), величина капитальных затрат ($\pm 25\%$), уровень операционных издержек ($\pm 20\%$).

В качестве информационной базы использовались:

- опубликованные данные Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ по месторождению;
- открытые материалы геологоразведочных отчетов прошлых лет по Улуг-Хемскому бассейну;
- статистические данные Федеральной службы государственной статистики РФ и Министерства энергетики РФ по добыче, потреблению и ценам на уголь;
- данные отраслевых аналитических обзоров (российских и международных).

Результаты

Геолого-промышленная характеристика. Каа-Хемское месторождение приурочено к мезозойским отложениям каменного угля, расположено на территории левобережного нижнего течения реки Каа-Хем – в 10 км от пос. Каа-Хем и в 17 км от г. Кызыла. Представляет собой часть восточного крыла Кызылско-Эрбекской мульды в пределах Улуг-Хемского бассейна. В геологическом строении месторождения присутствуют юрские отложения элегестской (J1 el), эрбекской (J2 er) и салдамской (J2–3 sl) свит. Падение пород западное под углами 6–12°. Угленосность связана с отложениями наиболее угленасыщенной эрбекской

¹ World Energy Outlook 2023. Paris: International Energy Agency; 2023. 353 с. Available at: https://intousairussia.org/images/reports/iea_WorldEnergyOutlook2023_compressed.pdf (accessed: 13.04.2026).

свиты, включающей до 18 угольных пластов со средней мощностью от 0,24 до 8,50 м и 20 угольных пропластков мощностью от 0,05 до 0,24 м. Коэффициент общей угленосности свиты – 3,9%, суммарная мощность всех пластов и пропластков достигает 22,0 м. Мощность эрбекской свиты 550 м. Угольный пласт 2.2–Улуг, единственный из всех известных на месторождении, имеет повсеместное распространение (совокупная площадь распространения других пластов не превышает 40%), его мощность изменяется от 0,85 до 12 м (преобладает – 3–6 м). Расположен пласт 2.2–Улуг в 150–160 м выше основания эрбекской свиты, остальные пласты залегают выше него на 20–80 м. Угли блестящие, полублестящие, в небольшом количестве – матовые; по химико-технологическим свойствам подразделяются на выветрелые окисленные, полуокисленные и неокисленные. Неокисленные угли высокой спекаемости, коксующиеся. Согласно Госбалансу на 01.01.2011 г., запасы детально разведанной площади месторождения для открытых работ по пласту 2.2–Улуг составляли, тыс. т: категории А – 16273, В – 3360, С₁ – 38444; всего А+В+С₁ – 58077 (марки Г). По нераспределённому фонду для подземных работ на месторождении числятся, тыс. т: 1) угли марки Г: кат. А – 4079, В – 8515, С₁ – 6387 (всего А+В+С₁ – 18 981), С₂ – 3941 и забалансовые – 9373; 2) марки ГЖ (в т. ч. коксующихся): кат. А – 106 146, В – 69 354, С₁ – 36 871, всего А+В+С₂ – 212 371. Действующим на базе месторождения Разрезом «Каа-Хемский» открытым способом отрабатывается пласт 2.2–Улуг. Проектная глубина отработки составляет 70 м. Эксплуатация начата в 1969 г. Объём добычи в последние годы составляет порядка 450 тыс. т. Коэффициент вскрыши не превышает 1:10 [3, с. 247]. Продуктивная толща содержит несколько рабочих пластов мощностью от 1,5 до 5,5 м с углами падения 10–25°. Запасы по категориям В+С₁ оцениваются в несколько десятков миллионов тонн энергетического угля марки Г, ГЖ. Качество угля характеризуется зольностью 12–22%, содержанием серы 0,3–0,6%, удельной теплотой сгорания 22–26 МДж/кг, что соответствует требованиям для энергетического использования. Горно-геологические условия осложнены наличием многолетней мерзлоты, скальных пород, неоднородностью строения пластов и необходимостью ведения вскрышных работ при открытом варианте освоения. Гидрогеологическая обстановка оценивается как средней сложности.

Инфраструктурные и логистические ограничения. Наиболее критичным фактором является отсутствие развитой транспортной (железнодорожной) инфраструктуры в непосредственной близости от месторождения. Близжайшая железнодорожная станция в г. Абакане находится на расстоянии свыше 400 км. Удаленность от крупных потребителей (энергосистемы Красноярского края, экспортные порты Дальнего Востока) превышает 1000–3000 км, что при текущих тарифах на железнодорожные перевозки делает логистическую составляющую в стоимости угля доминирующей (порядка 40–60% от отпускной цены).

Экономическая оценка. Результаты моделирования показывают, что при базовом сценарии (цена угля – 60 долл/т FOB ДВ, CAPEX – 120 долл/т годовой мощности, OPEX – 25 долл/т) проект характеризуется отрицательным значением чистой приведенной стоимости (NPV) и неприемлемо низкой внутренней нормой доходности (IRR < 8%), что не соответствует требованиям инвесторов в сырьевые проекты. Срок окупаемости превышает 15 лет.

Результаты анализа чувствительности (табл. 1) наглядно демонстрируют, что проект наиболее уязвим к снижению

цены на уголь и росту капитальных затрат. Даже 20%-ное снижение цены приводит к кратному ухудшению показателей. Рост CAPEX на 25% делает проект абсолютно нежизнеспособным. Повышение операционной эффективности (снижение OPEX) оказывает положительное, но недостаточное влияние для выхода проекта в положительную зону NPV при базовых условиях.

Таблица 1
Результаты анализа чувствительности ключевых показателей эффективности (NPV, млн долл.)

Table 1
Results of the sensitivity analysis for the key performance indicators (NPV, million \$)

Изменение параметра	Цена угля (–20%)	Цена угля (база)	Цена угля (+20%)
CAPEX (+25%)	–350	–280	–210
CAPEX (база)	–220	–150	–80
CAPEX (–25%)	–90	–20	+50
Условные обозначения	NPV < –200: критически низкая	NPV –200...0: низкая/отрицательная	NPV > 0: потенциально положительная

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с выводами других исследователей, указывающих на высокие риски освоения изолированных месторождений с неразвитой инфраструктурой [4–6]. Однако наша оценка позволяет количественно ранжировать эти риски.

Интерпретация результатов. Главный вывод заключается в том, что в рамках «классической» сырьевой модели (добыча → транспортировка → продажа на открытом рынке) Каа-Хемское месторождение в среднесрочной перспективе неконкурентоспособно по сравнению с действующими центрами добычи в Кузбассе или Восточной Сибири. Его потенциальное преимущество – качество угля – нивелируется запредельными транспортными издержками. Ухудшает ситуацию и необходимость создания не только разреза, рудника, но и всей сопутствующей социальной и энергетической инфраструктуры, что ложится тяжелым бременем на инвестора.

Ограничения исследования и обобщение. Основным ограничением проведенной оценки является использование обобщенных, а не проектно-сметных данных по затратам. Точные цифры могут быть получены только после выполнения детальных инженерных изысканий. Тем не менее модель адекватно отражает структуру затрат и «болевые точки» проекта. Обобщая, можно утверждать, что проблема носит системный характер: низкая рентабельность горного проекта обусловлена не внутренними геологическими факторами, а экзогенными инфраструктурными условиями макрорегиона.

Практические предложения. Для повышения инвестиционной привлекательности необходима смена парадигмы развития:

1. *Региональная энергетическая интеграция:* Приоритет должен быть отдан не только внутреннему потреблению, но и поставкам за пределы региона и на экспорт. Это создаст гарантированный долгосрочный спрос и стабилизирует экономику добычи.

2. *Комплексное освоение и государственно-частное партнёрство (ГЧП):* Проект должен стать частью крупной государственной программы развития Республики Тыва,

включающей синхронное строительство (реконструкцию) дорог, энергомоств и социальных объектов. Финансирование инфраструктуры за счет государственных средств или механизмов ГЧП кардинально снизит нагрузку на недропользователя.

3. Диверсификация продукции: Изучение возможностей переработки угля в продукты с более высокой добавленной стоимостью (полукокс, углеродные материалы) для локального использования или поставки в нишевые сегменты рынка.

Направления будущих исследований. Перспективными являются: 1) детальная технико-экономическая оценка (ТЭО) варианта «шахта + ТЭС»; 2) исследование возможностей использования современных технологий газификации угля для производства электроэнергии или синтез-газа; 3) комплексный анализ экологического следа и социально-экономического мультипликативного эффекта от проекта для Республики Тыва.

Заключение

Проведенная геолого-экономическая оценка позволила сделать следующие выводы:

1. Каа-Хемское месторождение обладает значительными запасами угля удовлетворительного качества, однако его освоение в текущих условиях сопряжено с неприемлемо высокими экономическими рисками, главными из которых являются экстремальная транспортная удаленность и необходимость полномасштабного инфраструктурного строительства.

2. Рентабельность проекта в рамках традиционной экспортно-сырьевой модели крайне низка и критически зависит от конъюнктурных колебаний мировых цен на уголь.

3. Условием для реализации проекта является его интеграция в стратегию регионального развития не только через создание цепочки «добыча–генерация–переработка, потребление» на территории Республики Тыва, но и поставки в другие регионы и страны, а также активное участие государства в софинансировании инфраструктурной составляющей. Таким образом, перспективы Каа-Хемского месторождения лежат не в плоскости самостоятельного коммерческого проекта, а в плоскости крупного государственно-ориентированного инвестиционного начинания, нацеленного на устойчивое развитие слабоосвоенной приграничной территории.

Список литературы / References

1. Соян Ш.Ч., Бадарчи Х.Б., Кылыгдай А.Ч. Улуг-Хемский угольный бассейн как важнейший энергетический ресурс Тувы. *Горная промышленность*. 2023;(3):88–91. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-88-91>
Soyan Sh.Ch., Badarchi X.B., Kylgyday A.Ch. Ulug-Khem coal basin as the most important energy resource of Tuva. *Russian Mining Industry*. 2023;(3):88–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-88-91>
2. Кулешов В.В., Селиверстов В.Е. Роль Сибири в пространственном развитии России и ее позиционирование в стратегии пространственного развития РФ. *Регион: экономика и социология*. 2017;(4):3–24. <https://doi.org/10.15372/REG20170401>
Kuleshov V.V., Seliverstov V.E. Siberia's role in the spatial development of Russia and its positioning in the Russian Federation spatial development strategy. *Region: Economics & Sociology*. 2017;(4):3–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/REG20170401>
3. Лебедев Н.И. *Минеральные ресурсы Тувы: обзор и анализ полезных ископаемых*. Кызыл: ТувИКОП СО РАН; 2012. 284 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-mineralnyeresursytuvy.pdf> (дата обращения: 15.04.2026).
4. Дабиев Д.Ф. Оценка последствий реализации различных сценариев освоения месторождений полезных ископаемых региона с преимущественно минерально-сырьевой ориентацией. *Фундаментальные исследования*. 2021;(2):12–17. <https://doi.org/10.17513/fr.42959>
Dabiev D.F. Assessment of the impact of the implementation of various scenarios for the development of mineral deposits in the region with a predominantly mineral-raw material orientation. *Fundamental Research*. 2021;(2):12–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/fr.42959>
5. Дружинин А.Г., Кузнецова О.В. Приоритеты пространственного развития России. «Сибиризация» или сбалансированная многовекторность? *Федерализм*. 2026;31(1):21–43. <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2026-1-21-43>
Druzhinin A.G., Kuznetsova O.V. Priorities in Russia's spatial development. "Siberian Focus" or a balanced multidirectional approach? *Federalism*. 2026;31(1):21–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.21686/2073-1051-2026-1-21-43>
6. Емелин А.А. Конкурентные преимущества российских производителей угля. *Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество*. 2026;(2):13–25. <https://doi.org/10.18137/RNU.V9276.26.02.P.013>
Emelin A.A. Competitive advantages of Russian coal producers. *Vestnik of Russian New University. Series: Man and Society*. 2026;(2):13–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.18137/RNU.V9276.26.02.P.013>

Информация об авторе

Ооржак Валерий Окпан-оолович – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кызыл, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-2985-0722>; e-mail: v.oorgak@yandex.ru

Information about the author

Valery O. Oorzhak – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Leading Researcher, Tuvan Institute for Integrated Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-2985-0722>; e-mail: v.oorgak@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 11.03.2026
Поступила после рецензирования: 04.05.2026
Принята к публикации: 26.05.2026

Article info

Received: 11.03.2026
Revised: 04.05.2026
Accepted: 26.05.2026