

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

А.А. Бояндинова¹, Ж.А. Адилханова¹

¹ Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, Алматы, Казахстан,
e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru

Аннотация: Представлены ключевые показатели проектных управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого функционирования геотехнологических комплексов при разработке месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом с применением автомобильного транспорта. Непрерывное развитие горной техники, технологий и средств вычислительной техники обуславливает усложнение и совершенствование систем управления производством, ориентированных на повышение эффективности и конкурентоспособности горнодобывающих предприятий. При этом качество, обоснованность, оперативность и своевременность управленческих решений оказывают доминирующее влияние на эффективность функционирования предприятий. Формирование проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов карьеров осуществляется на основе методов календарного планирования технологических процессов с применением гибкого регламентированного нормирования технологических показателей. Данный подход обеспечивает системный и поэтапный учет специфики горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации карьера, что способствует повышению эффективности управления производственными операциями и степени формализованности принимаемых решений. Установлено, что ключевые показатели находятся в сложной взаимосвязи, оказывая прямое или косвенное влияние друг на друга. Это позволяет комплексно оценивать эффективность как отдельных планов работы геотехнологического комплекса, так и деятельности горнодобывающего предприятия в целом, создавая надежную методологическую основу для принятия обоснованных стратегических, тактических и оперативных управленческих решений, направленных на устойчивое развитие и повышение конкурентоспособности предприятия.

Ключевые слова: геотехнология, открытые горные работы, геотехнологический комплекс, проектные управленческие решения, оптимизация, корпоративное планирование, устойчивое функционирование, конкурентоспособность, эффективность.

Благодарность: Данная статья финансировалась Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан по ПЦФ BR23991563 «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий добычи и комплексной переработки минерального и техногенного сырья».

Для цитирования: Бояндинова А. А., Адилханова Ж. А. Ключевые показатели проектных управленческих решений для устойчивого функционирования геотехнологических комплексов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 2-1. – С. 182–196. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_21_0_182.

Key performance indicators of project management decisions for sustainable operation of geotechnological complexes

A.A. Boyandinova¹, Zh.A. Adilkhanova¹

¹ D.A. Kunaev Institute of Mining, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru

Abstract: This article presents key performance indicators for project management decisions aimed at ensuring the sustainable operation of geotechnical complexes during open-pit mining of solid mineral deposits using motor vehicles. The continuous development of mining equipment, technologies, and computing equipment leads to the increasing complexity and improvement of production management systems aimed at enhancing the efficiency and competitiveness of mining enterprises. The quality, validity, efficiency, and timeliness of management decisions have a dominant influence on the operational efficiency of enterprises. Project management decisions for geotechnical complexes on surface mining are developed using methods for calendar scheduling of technological processes taking into account the flexible, regulated standardization of technological indicators. This approach ensures a systematic and step-by-step consideration of the specific mining, geological, and mining-technical conditions of quarry operation, which contributes to increased efficiency in managing production operations and the degree of decision-making formalization. It has been established that key performance indicators are interrelated in a complex manner, directly or indirectly influencing one another. This allows for a comprehensive assessment of the effectiveness of both individual geotechnical complex work plans and the overall operations of the mining enterprise, creating a reliable methodological basis for making informed strategic, tactical, and operational management decisions aimed at sustainable development and increasing the competitiveness of the enterprise.

Key words: geotechnology, surface mining, geotechnological complex, project management decisions, optimization, corporate planning, sustainable production, competitiveness, efficiency.

Acknowledgements: The study was supported by the Committee of Industry of the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan on PCF BR23991563 «Creation of innovative resource-saving technologies for extraction and complex processing of mineral and man-made raw materials».

For citation: Boyandinova A. A., Adilkhanova Zh. A. Key performance indicators of project management decisions for sustainable operation of geotechnological complexes. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(2-1):182-196. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_21_0_182.

Введение

Современный уровень развития науки и техники в горном деле, а также достигнутые успехи в области автоматизации и систем управления горнодобывающими предприятиями, создают объективные предпосылки для осуществления менеджмента на высоком профессиональном и технологическом уровне. Текущий этап характеризуется широким

внедрением цифровых технологий, автоматизированных систем и инструментов интеллектуальной поддержки управления в деятельности горнодобывающих предприятий. Это создает условия для более эффективной организации производственных процессов и повышения качества управленческих решений на всех уровнях управления. Использование современных информационно-ана-

литических инструментов обеспечивает комплексную обработку значительных объемов данных, моделирование производственных ситуаций и прогнозирование последствий управленческих воздействий. Это способствует более рациональной организации производственных процессов и повышению качества управленческих решений на всех уровнях управления горнодобывающим предприятием.

Вместе с тем, результаты практической деятельности и проведенные аналитические исследования свидетельствуют о том, что в реальных условиях функционирования горнодобывающих предприятий принимаемые управленческие решения нередко оказываются запоздалыми, недостаточно обоснованными или не в полной мере соответствующими требованиям динамично изменяющейся производственной среды [1 – 2]. Подобные недостатки негативно отражаются на эффективности работы предприятия, усложняют процесс адаптации к внешним и внутренним факторам. Это приводит к росту издержек и возникновению рисков, связанных с нарушением устойчивости производственных процессов [3].

Результативность функционирования горнодобывающих предприятий в значительной степени определяется качеством управленческих решений, которое, в свою очередь, зависит от их обоснованности, своевременности и степени соответствия реальным производственно-технологическим условиям [4]. В условиях высокой капиталоемкости горных работ и сложной структуры производственных процессов даже незначительные ошибки в управлении способны приводить к существенным экономическим потерям и снижению устойчивости деятельности предприятия [5 – 7].

Несмотря на достигнутый уровень развития научных исследований, нали-

чие обширного массива теоретических разработок и накопленный практический опыт в сфере технологического управления [8 – 11], а также широкий спектр программных продуктов и автоматизированных систем, предлагаемых современным рынком [12 – 13], задача повышения эффективности технологического менеджмента по-прежнему остается актуальной и требует дальнейшего совершенствования. Анализ существующих подходов и применяемых систем показал, что многие из них ориентированы на решение отдельных локальных задач и не обеспечивают комплексного учета взаимосвязей между ключевыми элементами горного производства. Существенным недостатком действующих систем управления является недостаточная интеграция параметров технологии ведения горных работ, производственных процессов и горнотехнических условий эксплуатации карьера. Отсутствие комплексного подхода приводит к тому, что управленческие решения формируются на основе усредненных или упрощенных данных, не отражающих фактическое состояние производственной системы [14]. Немаловажное отрицательное влияние оказывает тот факт, что при формировании плановых показателей в недостаточной степени учитываются техническое состояние оборудования, уровень его физического и морального износа, а также фактические эксплуатационные характеристики. Как следствие, нормы выработки и плановые задания нередко отклоняются от реальных условий работы.

Совокупность указанных факторов оказывает негативное влияние на качество оперативного планирования, снижает достоверность прогнозов и ограничивает эффективность принимаемых управленческих решений. Это обуславливает необходимость разработки и внедрения более совершенных методов и

средств технологического управления, обеспечивающих комплексный учет параметров горного производства и адаптацию плановых решений к реальным условиям эксплуатации [15].

В связи с этим данное направление требует дальнейшего развития и совершенствования, направленного на повышение обоснованности и оперативности управленческих решений, оптимизацию производственных и технологических процессов, более полное использование потенциала автоматизированных и интеллектуальных систем управления, а также обеспечение устойчивого функционирования и долгосрочной конкурентоспособности горнодобывающих предприятий на фоне роста многофакторности и неопределенности внешних воздействий.

Методы

Разработка проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов карьеров с автомобильным транспортом осуществляется на основе методов календарного планирования технологических процессов [16] с применением гибкого регламентированного нормирования технологических показателей [17]. Под геотехнологическим комплексом подразумевается интегрированная организационно-техническая система, обеспечивающая взаимосвязанную реализацию горнотехнических, геологических и горно-транспортных процессов, функционирование инженерной инфраструктуры и систем управления, направленных на эффективное и безопасное освоение месторождений полезных ископаемых открытым способом.

При этом под гибкостью регламентированного нормирования технологических показателей понимается дифференцированный подход к установлению нормативов функционирования каждой единицы оборудования с учетом ее технических, технологических и экономи-

ческих параметров, а также горно-геологических условий эксплуатации. Планирование технологических процессов при этом основывается на научно-обоснованных нормах выработки и корпоративных интересах структурных подразделений, обеспечивающих выполнение основных технологических процессов в составе единой системы геотехнологического комплекса карьера.

Также в ходе выполнения работ применен комплекс взаимодополняющих методов исследования, ключевое место в котором занимают методы имитационного моделирования производственных процессов и технологии цифровых двойников геотехнологических комплексов карьеров с автомобильным транспортом. Использование данного подхода обеспечивает существенное повышение достоверности прогнозирования поведения системы при изменении внешних и внутренних факторов, позволяет формализовать взаимосвязи между ключевыми элементами производственной системы, воспроизвести динамику функционирования горно-транспортного комплекса, а также количественно оценить влияние различных управленческих решений на показатели его эффективности.

В ходе выполнения работы наряду с общенаучными и специальными методами исследования были дополнительно использованы методы системного анализа, ориентированные на комплексное рассмотрение геотехнологического комплекса как целостной многоуровневой системы. Такой подход позволил учитывать взаимосвязи между технологическими процессами, горнотехническими условиями, техническим состоянием оборудования и организационно-управленческими аспектами производства. Применение системного анализа обеспечило выявление ключевых элементов и связей, оказывающих наибольшее влияние на эффективность функциони-

рования горнодобывающего предприятия, а также позволило оценить последствия изменения отдельных параметров для всей производственной системы в целом.

Для оценки существующих подходов и инструментов управления применялись методы сравнительного анализа, направленные на сопоставление действующих систем управления по ряду технологических, экономических и организационных критериев. Это дало возможность выявить их функциональные ограничения, степень адаптивности к изменяющимся условиям эксплуатации и уровень интеграции с технологическими процессами горных работ. Результаты сравнительного анализа послужили основой для обоснования необходимости совершенствования методов управления и разработки проектных решений, ориентированных на повышение эффективности технологического менеджмента.

В целях обоснования проектных управленческих решений использовались элементы сценарного анализа, позволяющие рассматривать альтернативные варианты развития производственной ситуации. Данный метод обеспечил возможность прогнозирования последствий изменения ключевых технологических параметров, конфигурации и состава оборудования, а также организационных условий выполнения горных работ. Рассмотрение различных сценариев позволило оценить устойчивость проектных решений к воздействию внешних и внутренних факторов, определить диапазоны допустимых значений параметров и выбрать наиболее рациональные варианты реализации производственного процесса.

При формировании и выборе управленческих решений также применялись методы управления рисками, направленные на систематическое выявление, ана-

лиз и оценку технологических, производственных и организационных рисков [18 – 20], возникающих при реализации различных сценариев развития. Использование данных методов позволило определить наиболее уязвимые элементы геотехнологического комплекса, оценить вероятность наступления неблагоприятных событий и возможные последствия для производственных показателей. На основе полученных результатов были разработаны меры по снижению уровня рисков и повышению надежности функционирования горнодобывающего предприятия.

Комплексное применение указанных методов обеспечило всестороннее обоснование ключевых показателей проектных управленческих решений, повысило их адаптивность к реальным условиям эксплуатации и создало методологическую основу для повышения эффективности управления геотехнологическими процессами.

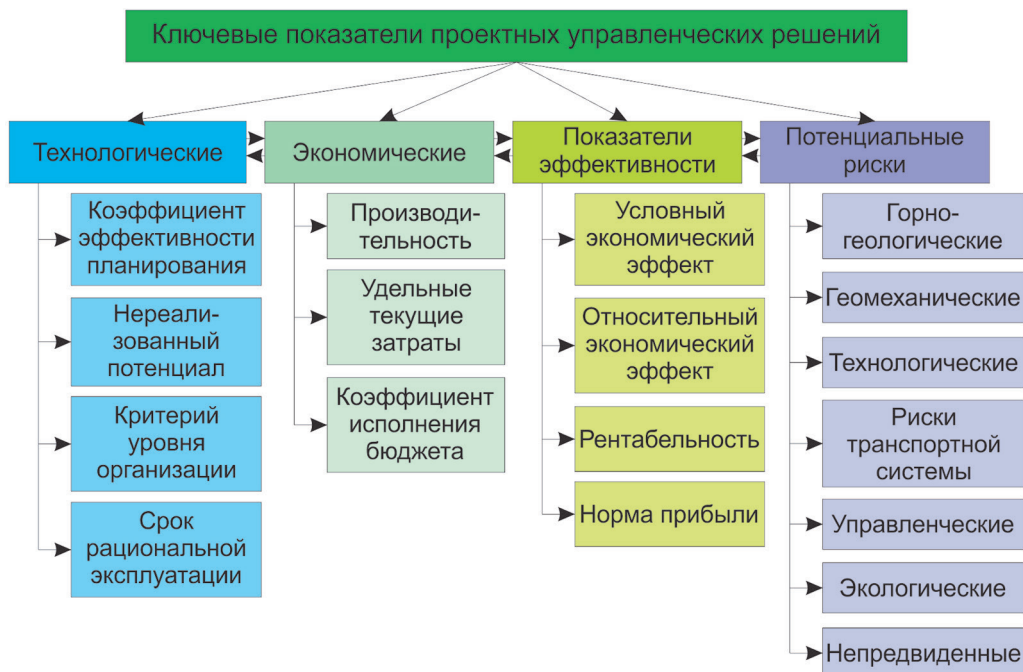
Результаты и обсуждения

Выбор конкретных показателей в качестве ключевых обусловлен их системообразующей ролью в функционировании геотехнологического комплекса. Данные показатели непосредственно отражают эффективность, устойчивость и безопасность реализации взаимосвязанных горнотехнических, транспортных и организационных процессов при открытой разработке месторождений.

Ключевые показатели проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов условно можно разделить на следующие группы: технологические, экономические, показатели эффективности и потенциальные риски (см. рисунок).

Технологические показатели

К технологическим ключевым показателям относятся: технологический



*Ключевые показатели проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов
Key performance indicators for project management decisions for geotechnological complexes*

коэффициент эффективности планирования, нереализованный потенциал по оптимальной производительности горно-транспортного комплекса, критерий уровня организации интенсивного использования производственной мощности и показатель срока рациональной эксплуатации оборудования.

Ключевым показателем, выраженным в повышении производственных показателей, является технологический коэффициент эффективности планирования. Он представляет собой отношение разности продолжительности планируемого периода и кумулятивной продолжительности технологически стабильных периодов согласно оптимальному календарному плану к продолжительности планируемого периода и характеризует нереализованные потенциальные возможности горно-транспортного комплекса по оптимальной производительности [16]:

$$\begin{aligned}
 K_{эф} &= \frac{\sum_{j=1}^m (T_{плj} - T_{онmj})}{\sum_{j=1}^m T_{плj}} = \\
 &= \frac{\sum_{j=1}^m (T_{плj} - \sum_{i=1}^n T_{ij})}{\sum_{j=1}^m T_{плj}}
 \end{aligned} \quad (1)$$

где $K_{эф}$ — технологический коэффициент эффективности планирования; $T_{плj}$ — продолжительность планируемого периода j -го месяца, сут.; $T_{онmj}$ — продолжительность оптимального календарного плана горно-транспортных работ j -го месяца, сут.; T_{ij} — продолжительность i -го технологически стабильного периода j -го месяца оптимального календарного плана горно-транспортных работ, сут.

Данный показатель позволяет произвести объективную оценку эффективно-

сти оперативного календарного планирования горно-транспортных работ на основе выделения технологически стабильных периодов. Базируясь на значении технологического коэффициента эффективности планирования можно определить нереализованные потенциальные возможности горно-транспортного комплекса по оптимальной производительности.

Отрицательное значение технологического коэффициента эффективности планирования свидетельствует либо о завышенной плановой производительности горно-транспортного комплекса при существующих горно-геологических и горнотехнических условиях, либо о его затратном режиме функционирования. Это может означать, например, что при установлении плановой производительности геотехнологического комплекса не были учтены какие-либо факторы (графики ремонта основного технологического оборудования, качественные или количественные параметры рудопотока и др.).

При нулевом значении технологического коэффициента эффективности планирования можно сделать вывод, что горно-транспортный комплекс работает в оптимальном, сбалансированном режиме.

Положительное значение технологического коэффициента эффективности планирования указывает на досрочное выполнение работ и наличие при заданных условиях функционирования резерва в достижении оптимальной производительности горно-транспортного комплекса.

Другим ключевым технологическим показателем при обосновании проектных управленческих решений является нереализованный потенциал по оптимальной производительности горно-транспортного комплекса. Он рассчитывается по формуле:

$$V_э = V_{пл} \cdot K_{эф}, \quad (2)$$

где $V_{пл}$ — производительность ГТК за планируемый период, тыс. т.

Нереализованный потенциал прямо пропорционален технологическому коэффициенту эффективности планирования. Однако, важно учитывать рыночные условия, в которых функционирует конкретное предприятие. Например, при ограниченном мировом спросе на хризотил предприятие вынуждено строго придерживаться плановых объемов, и превышение плановой добычи асбестовой руды экономически неоправданно. При наличии неограниченного спроса на минеральное сырье сверхплановая добыча может обеспечить предприятию дополнительный доход.

На основе технологического коэффициента эффективности планирования могут быть рассчитаны все основные технологические показатели функционирования горно-транспортного комплекса. Кроме того, при отрицательном его значении при необходимости можно сделать вывод о том, насколько завышены плановые показатели, а также оценить ущерб от применения планируемого варианта.

На основе нереализованного потенциала по оптимальной производительности горно-транспортного комплекса рассчитывается прибыль предприятия, получаемая за счет перевыполнения плановой производительности. При этом в сравнении с удельными текущими затратами оптимального календарного плана горно-транспортных работ удельные текущие затраты на этот период снизятся, поскольку при выполнении сверхплановой производительности не будут учитываться разовые затраты планируемого периода.

Следующим ключевым технологическим показателем для обоснования проектных управленческих решений принят критерий уровня организации ин-

тенсивного использования производственной мощности. Он представляет собой разность коэффициентов использования производственной мощности и средней загрузки оборудования. Чем меньше его значение, тем эффективнее принимаемые управленческие решения. Нулевое значение критерия свидетельствует об оптимальном режиме функционирования геотехнологического комплекса. Для определения коэффициента использования производственной мощности предприятия и коэффициента средней загрузки оборудования применяются классические методы. Однако исходные данные для расчетов формируются на основе сменных показателей, полученных в ходе оперативного календарного планирования горно-транспортных работ. При необходимости по специальной методике эти показатели могут быть преобразованы в эквивалентные значения для любого выбранного периода [17].

Различия в условиях эксплуатации оборудования на разных карьерах делают невозможным применение среднеотраслевых нормативов использования горно-транспортного оборудования по времени. По этой же причине не может применяться без изменения и методика расчета среднеотраслевых нормативов использования горно-транспортного оборудования для определения аналогичных нормативов для отдельных предприятий. Поэтому, чтобы корректно учитывать разнообразие горно-геологических, горнотехнических и иных условий работы оборудования, требуется формировать набор отдельных нормативных показателей, соответствующих конкретным условиям эксплуатации. Из этих показателей затем может быть определен общий норматив использования оборудования по времени для каждого предприятия. Применяемый подход предусматривает установление индивиду-

альных норм выработки каждой единицы горного и транспортного оборудования с оперативным учетом существующих горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, графиков ремонта и др. факторов. Обеспечивается качественная согласованность норм с процессами планирования и экономической оценки оптимальной производственной мощности горнодобывающего предприятия. Указанные цели достигаются посредством применения расширенного и более детализированного учета показателей, что обеспечивает качественное превосходство по сравнению с традиционными методами планирования и управления.

Помимо этого, для соблюдения указанных условий вводится дополнительный показатель — срок рациональной эксплуатации оборудования. Под ним понимают не стандартный период амортизации до достижения ликвидационной стоимости, а продолжительность его эффективного физического функционирования [17]. Сроки рациональной эксплуатации оборудования определяются на основе рентабельности работы геотехнологического комплекса, которая является ключевым показателем эффективности ее функционирования. Такой подход позволяет обеспечить наиболее полное и результативное использование производственных мощностей. Предельный срок рациональной эксплуатации оборудования устанавливается исходя из условия, что рентабельность продукции горно-транспортного комплекса не меньше рентабельности, принятой на данном предприятии. При этом для каждой единицы технологического оборудования срок рациональной эксплуатации определяется индивидуально [15].

Представленные выше показатели разработаны авторами данной статьи и ранее не учитывались в традиционных методах планирования и управления.

Экономические показатели

Общеизвестно, что прежде чем предприятие получит прибыль, должен быть обеспечен полный кругооборот его основных и оборотных средств. Итоговый финансовый результат формируется за счет совокупной деятельности всех звеньев технологической цепи, поэтому каждый технологический комплекс, работающий в рамках единого производственного процесса, является промежуточным элементом и влияет на величину конечной прибыли. На этой основе выдвинуто предположение, что «условная» доля прибыли, относящаяся к каждому технологическому комплексу, должна быть пропорциональна доле его затрат в общей структуре расходов предприятия на производство и реализацию товарной руды.

Среди основных экономических показателей проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов можно выделить следующие: производительность, удельные текущие затраты на извлечение 1 м^3 горной массы и коэффициент исполнения бюджета.

Одним из ключевых показателей проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов является его производительность. Характер изменения производительности зависит от многих факторов, в том числе: технического состояния горного и транспортного оборудования, горно-геологических и горнотехнических условий, состояния дорожного покрытия, загруженности транспортных коммуникаций и других факторов. Техническое состояние автосамосвалов и качество покрытия автодорог оказывают существенное влияние на эффективность работы горно-транспортного комплекса в целом. При улучшении вышеназванных качественных характеристик производительность комплекса начинает расти при одновременном уменьшении показате-

ля удельных текущих затрат по горной массе.

На основании этого следующим ключевым показателем приняты удельные текущие затраты на извлечение 1 м^3 горной массы. Как показывают исследования, только за счет улучшения качества покрытия дороги эффективность работы геотехнологического комплекса может быть улучшена на 15–20%. Например, повышение качества дорожного покрытия ведет к увеличению производительности транспортной системы, снижению необходимого количества автосамосвалов в рабочем парке и, как следствие, уменьшению себестоимости 1 м^3 горной массы. Это связано с тем, что состояние автомобильных дорог напрямую влияет на расход шин и скорость движения транспорта, что отражается как на потреблении топлива, так и на потребности в количестве машин: более высокая скорость повышает оборачиваемость техники. Все перечисленные факторы в стоимостном выражении составляют значительную часть эксплуатационных расходов и напрямую влияют на величину удельных текущих затрат.

Показатель удельных текущих затрат формируется на основе экономико-математической модели, построенной для конкретной ситуации и точно отражающей влияние практически каждой технологической операции через достоверное стоимостное выражение ее затрат в единицу времени. В ходе имитационного моделирования работы сложных горно-транспортных систем выявляется качественное и количественное воздействие каждого элемента на итоговые показатели функционирования системы. Это позволяет с технологической точки зрения оценить рациональность различных вариантов организации взаимодействия горного и транспортного оборудования. Помимо этого, для получения

достоверной и устойчивой корреляционной зависимости рассматриваемого показателя от влияния всех моделируемых факторов и параметров технологического комплекса фиксируется удельная доля затрат, приходящаяся на каждый элемент системы в общей структуре затрат.

Коэффициент исполнения бюджета является ключевым экономическим показателем проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов наравне с предыдущими показателями. Это важный инструмент для выявления областей, требующих корректировки. Он представляет собой соотношение фактических затрат по геотехнологическому комплексу к запланированным. При коэффициенте меньше 1 фактические расходы меньше плановых, что говорит о повышении плановых доходов по геотехнологическому комплексу. Значение коэффициента больше 1 сигнализирует о превышении плановых расходов и требует дополнительных исследований для определения их причины: слишком маленькие плановые эксплуатационные затраты для данных горно-геологических или горнотехнических условий, неверное распределение горного и транспортного оборудования и другие факторы. Результаты анализа служат основой для принятия управленческих решений: корректировка бюджета, пересмотр стратегии или внедрение мероприятий, направленных на достижение запланированных показателей и пр.

Показатели эффективности

В качестве основных показателей эффективности проектных управленческих решений принят условный экономический и относительный экономические эффекты [15], рентабельность и норма прибыли.

Условный экономический эффект отражает ожидаемую экономию, которую

предприятие сможет получить за определенный период благодаря реализации конкретного мероприятия, улучшения и т.д. Он позволяет оценить потенциальную выгоду заранее, причем в отличие от фактического эффекта, условный эффект рассчитывается еще до внедрения изменений. В рамках геотехнологического комплекса рассматривается величина потенциального денежного дохода за вычетом только тех затрат, которые возникают в текущем периоде и напрямую связаны с выполнением горно-транспортных работ.

Относительный экономический эффект определяется как разница между условными экономическими эффектами каждого рассматриваемого варианта и базового решения. При этом ключевым ориентиром выступает необходимость извлечения заданного объема горной массы с минимально возможными затратами. Оптимальный, экономически наиболее выгодный вариант выбирают методом сравнительного анализа вариантов.

В качестве одного из основных ключевых показателей эффективности проектных управленческих решений принята рентабельность геотехнологического комплекса. Данный показатель более объективно отражает общий уровень эффективности производственно-хозяйственной деятельности, чем другие виды рентабельности. Именно поэтому его и рассчитывают при планировании.

Рентабельность геотехнологического комплекса показывает эффективность использования основных производственных фондов и оборотных средств. Она определяется условиями производства, установленными ценами на продукцию и средства производства, уровнем заработной платы и другими факторами. В качестве наглядного примера можно привести следующее. По мере увеличения срока службы автосамосвала его

КПД снижается: падает производительность, возрастает расход топлива и увеличивается время транспортирования. В результате растет себестоимость работ, и в какой-то момент становится экономически выгоднее выполнить капитальный ремонт машины или заменить ее новой, что обеспечивает больший экономический эффект, чем дальнейшая эксплуатация изношенной техники. Эти факторы существенно влияют на рентабельность производства. Она начинает падать, что неизбежно приводит к значительным убыткам.

Отличия в рентабельности между различными горными предприятиями объясняются разнообразием горно-геологических, горнотехнических, технологических и организационных условий производства. На повышение рентабельности горно-транспортного оборудования положительно влияют: рост стоимости реализуемой товарной руды, снижение себестоимости транспортировки, величина основных производственных фондов, размер нормируемых оборотных средств, увеличение производительности труда, сокращение простоев и потерь рабочего времени, а также совершенствование организации и управления транспортными процессами.

Норма прибыли по геотехнологическому комплексу рассчитывается как отношение прибыли по комплексу к вложенным в него инвестициям. Чтобы определить цену реализации, к совокупным производственным затратам добавляется фиксированная наценка, позволяющая обеспечить нормативный уровень прибыли. При этом величина нормы прибыли определяется рыночной конъюнктурой и не может устанавливаться произвольно.

Несмотря на это, показатель рентабельности продаж может использоваться в качестве ориентира как для определения предельного уровня рыночных

цен, так и для планирования прибыли от реализации продукции.

Показатели потенциальных рисков

При формировании ключевых показателей проектных управленческих решений осуществляется комплексная оценка потенциальных рисков, включая горно-геологические, геомеханические, технологические, риски, связанные с функционированием транспортной системы, управленческие, экологические, а также риски непредвиденного характера. Системный учет указанных рисков обеспечивает повышение обоснованности принимаемых управленческих решений и способствует снижению вероятности возникновения неблагоприятных последствий при их реализации.

К горно-геологическим рискам проектных управленческих решений относятся потенциальные негативные последствия, возникающие вследствие некорректного учета геологических факторов при принятии решений. К ним относятся риски обвалов, прорывов, обводнений, а также неверной оценки запасов и технологических параметров.

Геомеханические риски проектных управленческих решений представляют собой опасности, обусловленные некорректным учетом свойств горных пород и их поведения под нагрузкой, способные привести к аварийным ситуациям, обрушениям и обвалам. Эффективное управление данными рисками предполагает проведение качественного анализа проектной информации, идентификацию факторов риска, оценку вероятности их проявления и потенциальных последствий, а также применение превентивных мер, включая мониторинг и корректировку проектных решений.

Основные технологические риски в проектных управленческих решениях на карьерах связаны с некорректными горнотехническими условиями, сложно-

стью интеграции процессов, недостаточной квалификацией персонала, непредвиденными поломками оборудования и другими факторами. Эти риски способны вызвать срыв сроков, перерасход бюджета, снижение качества добычи, угрозу безопасности и недостижение поставленных управленческих целей.

Риски транспортной системы обусловлены простоями, отказами оборудования, проектно-логистическими ограничениями, управленческими ошибками и воздействием внешних факторов. К числу таких рисков относятся некорректный выбор схем движения и расчетных мощностей, использование неоптимальных маршрутов, а также простои, вызванные наличием «узких» мест и недостатками системы учета и планирования. Цель оценки рисков транспортной системы состоит в определении вероятности их возникновения и оценке масштабов потенциальных последствий.

Управленческие риски, присущие проектным управленческим решениям при эксплуатации карьеров, обусловлены ошибками в процессах планирования, организации и принятия управленческих решений. Их реализация может привести к нарушению календарных сроков, превышению сметной стоимости, снижению качества выполнения работ и возникновению репутационных потерь, затрагивая временные, финансово-экономические, ресурсные, технические и организационные параметры. В целях обеспечения результативной реализации проектных решений требуется применение системного подхода к управлению рисками, включающего их идентификацию, качественную и количественную оценку, разработку и реализацию мероприятий по реагированию, а также непрерывный мониторинг и контроль.

К основным экологическим рискам проектных управленческих решений относятся загрязнение атмосферного воздуха, негативное воздействие на водные ресурсы, нарушение почвенного покрова, утрата биоразнообразия, изменение микроклиматических условий, а также возникновение социально-экологических проблем. Проектные управленческие решения должны быть ориентированы на снижение и предотвращение указанных рисков посредством внедрения и развития системы экологического менеджмента.

Непредвиденные риски охватывают финансовые (перерасход ресурсов, дефицит финансирования), временные (нарушение календарных сроков и возникновение задержек), кадровые (дефицит персонала, текучесть кадров, недостаточный уровень квалификации), а также технические и процессные риски, связанные с несогласованностью действий и неконтролируемым расширением объемов работ. Кроме того, к данной группе относятся внешние риски, обусловленные изменениями нормативно-правовой базы, неблагоприятной рыночной конъюнктурой и форс-мажорными обстоятельствами, а также репутационные риски, способные оказать негативное влияние на достижение целей проектных управленческих решений.

Заключение

В результате выполненной работы обоснованы ключевые показатели проектных управленческих решений, предназначенные для повышения эффективности управления геотехнологическими комплексами. Использование данных показателей обеспечивает возможность оперативной оценки и анализа принимаемых управленческих решений, формирования достоверных норм выработки технологического оборудования, а также разработки качественных и реали-

стичных планов горно-транспортных работ с учетом индивидуальных горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации карьеров. Это создает предпосылки для своевременного и экономически обоснованного реагирования на изменения производственной среды.

Установлено, что ключевые показатели находятся в сложной взаимосвязи, оказывая прямое или косвенное влияние друг на друга. Это позволяет комплексно оценивать эффективность как отдельных планов работы геотехнологического комплекса, так и деятельности горнодобывающего предприятия в целом, создавая надежную методологическую основу для принятия обоснован-

ных стратегических, тактических и оперативных управленческих решений.

Реализация предложенного подхода для геотехнологических комплексов карьеров с использованием автомобильного транспорта способствует повышению оперативности, точности и достоверности расчетов, а также адекватности планово-управленческих решений реальным условиям эксплуатации.

Учет практически всего спектра факторов, влияющих на функционирование геотехнологического комплекса как сложной производственной системы, обеспечивает устойчивость его работы и повышение эффективности горнодобывающего производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шабаров А. Н., Куранов А. Д.* Основные направления развития горнодобывающей отрасли в усложняющихся горнотехнических условиях ведения горных работ // *Горный журнал*. — 2023. — № 5. — С. 5—34. DOI: 10.17580/gzh.2023.05.01.
2. *Кулецкий В. Н.* Разработка комплекса решений по формированию угольного разреза нового технико-технологического уровня: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Магнитогорск: 2013. — 24 с.
3. *Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Озарян Ю. А.* Экологическая цена минерального сырья как потенциальный регулятор технологической парадигмы недропользования при устойчивом развитии // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. — 2021. — № 2. — С. 396—409.
4. *Xu C., Chen G., Lu H., Zhang Q., Liu Z., Bian J.* Integrated optimization of production scheduling and haulage route planning in open-pit mines // *Mathematics*. 2024, vol. 12, article 2070. DOI: 10.3390/math12132070.
5. *Aghdamigargari M., Avane S., Anani A., Adewuyi S. O.* Sustainability in long-term surface mine planning: A systematic review of operations research applications // *Sustainability*. 2024, vol. 16, article 9769. DOI: 10.3390/su16229769.
6. *Shan D., Qu F., Wang Z., Ji Y., Xu J.* A review of the application of computer vision techniques in sustainable engineering of open pit mines // *Sustainability*. 2025, vol. 17, article 3051. DOI: 10.3390/su17073051.
7. *Aquino E. D. R., Giraó Sotomayor J. M., Navarro-Torres V. F.* Qualification of geotechnical parameters with 3D geotechnical modelling to improve mine planning reliability // *Mining Technology Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*. 2024, vol. 133, no. 1, pp. 74—85.
8. *Tyurin A., Kuvataev I.* Improving the efficiency of a mining enterprise by coordinating production processes // *E3S Web of Conference*. 2020, vol. 174, article 01059. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401059.
9. *Глебов А. В.* Определение значимости показателей при оценке уровня качества геотехники // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. — 2021. — № 1. — С. 123—137.
10. *Зиновьев В. В., Кузнецов И. С., Николаев П. И., Кузнецова А. В.* Определение степени влияния внеплановых простоев на эксплуатационную производительность экскаваторно-автомобильного комплекса // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. — 2024. — № 4(164). — С. 117—124. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-117-124, EDN: NVPYOD.
11. *Khan A., Asad M. W. A., Topal E.* A heuristic method for production scheduling of an open pit mining operation // *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2024, vol. 38, no. 4, pp. 293—305. DOI: 10.1080/17480930.2023.2281201.

12. Litvinenko V. S. Digital economy as a factor in the technological development of the mineral sector // *Natural Resources Research*. 2020, vol. 29, no. 3, pp. 1521 – 1541. DOI: 10.1007/s11053-019-09568-4.

13. Непша Ф. С., Красильников М. И., Первалов К. В. Применение цифровой платформы для построения интеллектуальных систем управления энергоснабжением предприятий горной промышленности // *Автоматизация и ИТ в энергетике*. – 2021. – № 5. – С. 26 – 34.

14. Mariz J. L. V., Peroni R., de Abreu Silva R. M., Badiozamani M. M., Askari-Nasab H. A multi objective constraint programming approach to address clustering problems in mine planning // *Engineering Computations*. 2024, vol. 41, no. 3, pp. 2682 – 2706. DOI: 10.1108/EC-01-2024-0046.


15. Adilkhanova Zh. A., Boyandinova A. A. Concept of management system of technological processes at open pits / Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Albena, Bulgaria, 2018, pp. 191 – 196. DOI: 10.5593/sgem2018/1.3/S03.025.

16. Бояндинова А. А., Адилханова Ж. А., Ткаченко О. Н. Методическое обеспечение корпоративного оперативного планирования работы экскаваторно-автомобильно-конвейерного комплекса на базе имитационного моделирования // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2025. – № 12-2. – С. 71 – 83. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_122_0_71.

17. Boyandinova A. A., Adilkhanova Zh. A. Methodological provisions for the evaluation of economic efficiency for calendar planning of technological processes taking into account flexible rationing / 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. 2019, vol. 19, pp. 415 – 422. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.053.

18. Nevskaya M., Shabalova A., Kosovtseva T., Nikolaychuk L. Applications of simulation modeling in mining project risk management: criteria, algorithm, evaluation // *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 2024, vol. 8, no. 8, article 5375. DOI: 10.24294/jipd.v8i8.5375.

19. Nieto A., Medina J. F. Development of a socio-economic strategic risk index as an aid for the feasibility assessment of mining projects and operations // *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2020, vol. 120, no. 7, pp. 433 – 450. DOI: 10.17159/2411-9717/711/2020.

20. Čech J., Sofranko M. Economic projection and evaluation of mining venture // *E+M Ekonomie a Management*. 2018, vol. 21, no. 2, pp. 38 – 52. 

REFERENCES

1. Shabarov A. N., Kuranov A. D. Main directions of the mining industry development under increasingly complex mining and technical conditions. *Gornyi Zhurnal*. 2023, no. 5, pp. 5 – 34. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2023.05.01.

2. Kuletskiy V. N. *Razrabotka kompleksa resheniy po formirovaniyu ugol'nogo razreza novogo tekhniko-tekhnologicheskogo urovnya* [Development of a set of solutions for the formation of a coal open-pit mine of a new technical and technological level], Candidate's thesis, Magnitogorsk, 2013, 24 p.

3. Trubetskoy K. N., Galchenko Y. P., Ozaryan Y. A. Ecological price of mineral raw materials as a potential regulator of the technological paradigm of subsurface use in the context of sustainable development. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2021, no. 2, pp. 396 – 409. [In Russ].

4. Xu C., Chen G., Lu H., Zhang Q., Liu Z., Bian J. Integrated optimization of production scheduling and haulage route planning in open-pit mines. *Mathematics*. 2024, vol. 12, article 2070. DOI: 10.3390/math12132070.

5. Aghdamigargari M., Avane S., Anani A., Adewuyi S. O. Sustainability in long-term surface mine planning: A systematic review of operations research applications. *Sustainability*. 2024, vol. 16, article 9769. DOI: 10.3390/su16229769.

6. Shan D., Qu F., Wang Z., Ji Y., Xu J. A review of the application of computer vision techniques in sustainable engineering of open pit mines. *Sustainability*. 2025, vol. 17, article 3051. DOI: 10.3390/su17073051.

7. Aquino E. D. R., Girao Sotomayor J. M., Navarro-Torres V. F. Qualification of geotechnical parameters with 3D geotechnical modelling to improve mine planning reliability. *Mining Technology Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*. 2024, vol. 133, no. 1, pp. 74 – 85.

8. Tyurin A., Kuvataev I. Improving the efficiency of a mining enterprise by coordinating production processes. *E3S Web of Conference*. 2020, vol. 174, article 01059. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401059.

9. Glebov A. V. Determination of indicator values at the level of geotechnical quality assessment. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2021, no. 1, pp. 123 – 137. [In Russ].

10. Zinoviev V. V., Kuznetsov I. S., Nikolaev P. I., Kuznetsova A. V. Defining the degree of influence of unplanned downtimes on excavator-dump truck complexes operational performance. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2024, no. 4(164), pp. 117 – 124. [In Russ]. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-117-124, EDN: NVPYOD.

11. Khan A., Asad M. W. A., Topal E. A heuristic method for production scheduling of an open pit mining operation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2024, vol. 38, no. 4, pp. 293 – 305. DOI: 10.1080/17480930.2023.2281201.

12. Litvinenko V. S. Digital economy as a factor in the technological development of the mineral sector. *Natural Resources Research*. 2020, vol. 29, no. 3, pp. 1521 – 1541. DOI: 10.1007/s11053-019-09568-4.

13. Nepsha F. S., Krasilnikov M. I., Perevalov K. V. Application of a digital platform for building intelligent power supply management systems at mining enterprises. *Automation and IT in Energy*. 2021, no. 5, pp. 26 – 34. [In Russ].

14. Mariz J. L. V., Peroni R., de Abreu Silva R. M., Badiozamani M. M., Askari-Nasab H. A multi objective constraint programming approach to address clustering problems in mine planning. *Engineering Computations*. 2024, vol. 41, no. 3, pp. 2682 – 2706. DOI: 10.1108/EC-01-2024-0046.

15. Adilkhanova Zh. A., Boyandinova A. A. Concept of management system of technological processes at open pits. *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018*. Albena, Bulgaria, 2018, pp. 191 – 196. DOI: 10.5593/sgem2018/1.3/S03.025.

16. Boyandinova A. A., Adilkhanova Zh. A., Tkachenko O. N. Methodical support for corporate operational planning of an excavator-truck-conveyor complex based on simulation modeling. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025, no. 12-2, pp. 71 – 83. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_122_0_71.

17. Boyandinova A. A., Adilkhanova Zh. A. Methodological provisions for the evaluation of economic efficiency for calendar planning of technological processes taking into account flexible rationing. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*. 2019, vol. 19, pp. 415 – 422. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.053.

18. Nevskaya M., Shabalova A., Kosovtseva T., Nikolaychuk L. Applications of simulation modeling in mining project risk management: criteria, algorithm, evaluation. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 2024, vol. 8, no. 8, article 5375. DOI: 10.24294/jipd.v8i8.5375.

19. Nieto A., Medina J. F. Development of a socio-economic strategic risk index as an aid for the feasibility assessment of mining projects and operations. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2020, vol. 120, no. 7, pp. 433 – 450. DOI: 10.17159/2411-9717/711/2020.

20. Čech J., Sofranko M. Economic projection and evaluation of mining venture. *E+M Ekonomie a Management*. 2018, vol. 21, no. 2, pp. 38 – 52.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бояндинова Асия Адылкановна¹ – д-р техн. наук, доцент,
ученый секретарь, e-mail: A.Boyandinova@mail.ru,
ORCID ID: 0009-0001-5197-4599,

Адилханова Жанна Адилхановна¹ – канд. техн. наук,
зав. лабораторией, e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-2637-4006,

¹ Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, Алматы, Казахстан.

Для контактов: Адилханова Ж.А., e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.A. Boyandinova¹, Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Scientific Secretary,
e-mail: A.Boyandinova@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-5197-4599,

Zh.A. Adilkhanova¹, Cand. Sci. (Eng.), Head of Laboratory,
e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2637-4006,

¹ D.A. Kunaev Institute of Mining, 050046, Almaty, Kazakhstan.

Corresponding author: Zh.A. Adilkhanova, e-mail: Zhanna_mark10@mail.ru.

Получена редакцией 02.12.2025; получена после рецензии 25.12.2025; принята к печати 19.01.2026.

Received by the editors 02.12.2025; received after the review 25.12.2025; accepted for printing 19.01.2026.