

Код МРНТИ 52.01.85

А.А. Бояндинова, *Ж.А. Адилханова

Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева» (г. Алматы, Казахстан)

ПОДХОД К ПРОЕКТНЫМ УПРАВЛЕНЧЕСКИМ РЕШЕНИЯМ ДЛЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КАРЬЕРОВ С АВТОТРАНСПОРТОМ

Аннотация. Представлен подход к проектным управленческим решениям для геотехнологических комплексов с автотранспортом, применяемым при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Ключевым отличительным моментом формирования таких решений является качественная взаимосвязь устанавливаемых норм с планированием и экономической оценкой оптимальной производственной мощности горнодобывающего предприятия. Применение данного подхода позволяет системно и поэтапно учитывать специфику каждой горно-геологической и горнотехнической ситуации в карьере, что существенно повышает качество управления производственными операциями, способствует повышению степени формализованности и обоснованности управленческих решений, совершенствованию механизмов планирования и оптимизации производственных процессов, а также обеспечивает устойчивое функционирование и конкурентоспособность горнодобывающих предприятий.

Ключевые слова: проектные управленческие решения, конкурентоспособность, эффективность, геотехнологический комплекс, гибкое нормирование, оптимизация.

Автокөлігі бар карьерлердің геотехнологиялық кешендеріне арналған жобалық басқару шешімдеріне көзқарас

Аңдатпа. Пайдалы қазбалар кен орындарын ашық игеру кезінде қолданылатын автокөлігі бар геотехнологиялық кешендерге арналған жобалық басқару шешімдеріне көзқарас ұсынылды. Мұндай шешімдерді қалыптастырудың басты ерекшелігі-белгіленген нормалардың тау-кен кәсіпорнының онтайлы өндірістік қуатын жоспарлаумен және экономикалық бағалаумен сапалы байланысы. Бұл тәсілді қолдану мансаптағы әрбір тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық жағдайдың ерекшелігін жүйелі және кезең-кезеңімен ескеруге мүмкіндік береді, бұл өндірістік операцияларды басқару сапасын едәуір арттырады, басқару шешімдерінің формализациялану және негізділік дәрежесін арттыруға, өндірістік процестерді жоспарлау және онтайландыру тетіктерін жетілдіруге ықпал етеді, сондай-ақ тау-кен кәсіпорындарының тұрақты жұмыс істеуі мен бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: жобалық басқару шешімдері, бәсекеге қабілеттілік, тиімділік, геотехнологиялық кешені, ікемді нормалау, онтайландыру.

An approach to project management solutions for geotechnological complexes of open-pits with dump truck transport

Abstract. A scientifically based approach is presented using a process scheduling method with flexible, regulated standardization of process indicators. This method maximizes the quality of standards' compliance with specific mining, geological, and organizational-technical operating conditions for the primary process equipment and enables dynamic modeling of mining and transport equipment operation at working horizons. Future development of the system will enable the prompt establishment of reliable equipment performance standards, the generation of high-quality and reliable plans for mining and transport operations, taking into account the presence and nature of individual mining, geological, and technical conditions, the prompt and cost-effective response to changes, and the conduct of economic justifications already at the planning stage of mining and transport operations, which ultimately ensures the sustainable functioning and competitiveness of mining production.

Key words: Project management solutions, competitiveness, efficiency, geotechnological complex, flexible standardization, optimization.

Введение

Геотехнологический комплекс как объект исследования по своей природе является масштабной, динамичной и многофакторной системой, что обуславливает повышенные требования к качеству, адекватности и оперативности информационного обеспечения процессов управления. В настоящее время в горнодобывающей промышленности широко применяются автоматизированные системы планирования функционирования технологических комплексов карьеров. Вместе с тем не все из существующих решений обеспечивают полноценное управление геотехнологическим комплексом, включая прогнозирование возможных изменений и целенаправленное воздействие на причины возникновения будущих производственных ситуаций.

Постоянное совершенствование горной техники, технологий и средств вычислительной техники обуславливает развитие и усложнение методов управления производством, направленных на повышение эффективности функционирования горнодобывающих предприятий. На сегодняшний день известно достаточное количество отечественных и зарубежных программных продуктов различной ценовой политики, в той или иной степени решающих вопросы управления. К ним относятся продукты таких фирм, как: SARscape (США), Modular Systems (США), Wenco (Канада), Runge Pincock Minarco (Австралия), Deswik (Австралия), Geovia MineSched (Австралия), K-mine (Украина), ОАО «Вюгем» (Россия), «ВИСТ Групп» (Россия) и др. [1–6].

Результаты проведенного углубленного анализа существующих систем управления технологическими процессами на горнодобывающих предприятиях показали, что, несмотря на значительное развитие в области создания и внедрения подобных систем, их функциональные возможности остаются ограниченными. В частности, в большинстве коммерчески доступных решений отсутствует применение методов имитационного моделирования, что снижает их потенциал при решении задач прогнозирования, оптимизации и оценки эффективности производственных процессов. Кроме того, существующие системы не обеспечивают детальной проработки и поддержки процессов планирования горнотранспортных работ, которые играют ключевую роль в повышении производительности и снижении эксплуатационных затрат.

Непрерывное развитие и модернизация технологий объективно обуславливают необходимость совершенствования подходов к их организации и управлению. В этой связи актуализируется модернизация методических аспектов процессов управления, а также развитие методологического обеспечения производственной и научно-исследовательской деятельности. Одним из ключевых направлений данного процесса является постоянное совершенствование методов автоматизированного управления производственными процессами на карьерах.

Таким образом, разработка и развитие методов исследования, направленных на формирование качественного методического обеспечения выработки эффективных про-

ектных и управленческих решений в геотехнологических комплексах карьеров с использованием автомобильного транспорта, представляет собой актуальную и значимую научную задачу.

Методы исследования

Современное горное предприятие представляет собой сложную многоуровневую производственную систему, эффективность функционирования которой в значительной степени определяется качеством проектных управленческих решений, принимаемых на этапах проектирования, строительства и эксплуатации геотехнологических комплексов. Ошибки, допущенные на стадии проектирования, как правило, требуют значительных материальных затрат для их последующего устранения. В то же время сложность коррекции управленческих ошибок во многом определяется их характером (тактическим или стратегическим), а также уровнем методического и инструментального обеспечения процессов подготовки и принятия решений управленческим персоналом на различных уровнях управления.

Вопросы повышения эффективности проектных управленческих решений в горнодобывающей отрасли остаются актуальными и требуют системного подхода, учитывающего многообразие технологических, организационных, экономических и временных факторов, а также необходимость оперативного анализа и корректировки принимаемых решений в условиях изменяющейся производственной обстановки.

Для решения поставленных в работе задач использован комплекс методов исследования, основу которого составляют методы имитационного моделирования производственных процессов геотехнологических комплексов карьеров с автотранспортом. Применение имитационного моделирования позволяет формализовать взаимосвязи между основными элементами производственной системы, воспроизвести динамику функционирования горнотранспортного комплекса и оценить влияние различных управленческих решений на показатели его эффективности.

В рамках исследования имитационные модели использовались для анализа сценариев взаимодействия экскаваторного и автотранспортного оборудования, оценки загрузки производственных мощностей, выявления «узких мест» в технологических процессах, а также для обоснования проектных управленческих решений в условиях неопределенности и вариативности исходных данных.

Дополнительно в работе применялись методы системного анализа, обеспечивающие рассмотрение геотехнологического комплекса как единой взаимосвязанной системы, а также методы сравнительного анализа для оценки существующих систем управления и выявления их функциональных и методологических ограничений. Для обоснования проектных решений использовались элементы сценарного анализа, позволяющие оценить последствия изменения технологических параметров, структуры оборудования и организационных условий производства.

Таким образом, применение методов имитационного моделирования в сочетании с системным и сценарным анализом позволяет повысить обоснованность проек-

тных управленческих решений, обеспечить согласованное функционирование элементов геотехнологического комплекса и создать предпосылки для устойчивого и эффективного развития горнодобывающих предприятий.

Результаты

Конкурентоспособность горнодобывающего предприятия на мировом рынке и устойчивое улучшение его финансово-экономического состояния во многом определяются результатами деятельности их производственных подразделений и применяемым инструментарием управления. Анализ ряда горнодобывающих предприятий показывает, что эффективность использования ресурсов значительно варьируется между производственными подразделениями и в течение календарного года. Существенные возможности снижения удельного расхода ресурсов, которые составляют 1,5–2 раза, не реализуются в полной мере. Это приводит к снижению устойчивости функционирования и повышает уязвимость предприятия на рынке, особенно в период экономического кризиса [7].

Одна из причин такой ситуации в том, что при планировании развития применяются несоответствующие современным условиям и требованиям нормы и стандарты. Такой подход к планированию приводит к дисбалансу интересов собственников предприятия и персонала, так как не позволяет обеспечивать ни необходимый для устойчивой конкурентоспособности темп повышения эффективности производства, ни удовлетворяющий работников темп роста реализации их интересов. В исследованиях российских ученых Довженка А.С., Кулецкого В.Н., Федоркевич Т.И. показано, что существующие нормы проектирования производственных процессов, которые транслируются затем и на планирование развития производственных подразделений, ориентированы на среднеотраслевые показатели производительности оборудования. В то же время высокая конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность зачастую обеспечиваются при уровне производительности оборудования и труда персонала в 2–2,5 раза превышающем среднеотраслевые показатели [8–9].

Формирование проектных управленческих решений для геотехнологических комплексов карьеров с автотранспортом основывается на применении метода календарного планирования технологических процессов с учетом гибкого регламентированного нормирования технологических показателей [10–11] и корпоративных интересов структурных подразделений, обеспечивающих реализацию основных технологических процессов в рамках единой системы геотехнологического комплекса. Зачастую нормы выработки, применяемые при планировании на большинстве предприятий в настоящее время, приняты на основе средних фактических показателей горнотранспортного комплекса в целом и не соответствуют фактическим нормам отдельно взятой единицы действующего оборудования. Следствием такого планирования являются невыполнение плановых показателей, большие нерациональные экономические затраты и многое другое. В виду этого необходимо переходить от планирования параметров технологических процессов на основе среднеотраслевых или достигнутых показателей к определению прогрес-

сивных целей, в основе которых лежат стандарты и нормы, обеспечивающие достижение конкурентоспособного уровня производительности. В настоящее время мировым сообществом общепризнан тот факт, что планирование эталонных показателей работы оборудования должно осуществляться из расчета его технико-технологических возможностей. Поскольку для каждой единицы оборудования данные возможности различны, то и нормы должны устанавливаться индивидуально по каждой отдельно взятой единице горнотранспортного оборудования.

Основной проблемой традиционных методов планирования всегда являлась и остается таковой по настоящее время взаимосвязка горно-геометрических и горно-геологических параметров с производственной мощностью используемого горнотранспортного оборудования. Наиболее трудно реализуемым и требующим наивысшей степени точности, а также в наибольшей степени ответственным является сменное оперативное планирование. Эффективное взаимодействие конкретно рассматриваемого горного и транспортного оборудования предполагает соответствующую производительность, т. е. нормы выработки должны быть мобилизующими, способствовать выявлению и более полному использованию резервов роста производительности труда, повышению эффективности производства; взаимосвязка и взаимосогласованность систем планирования и управления горными работами должны быть максимальными именно на этом этапе: при планировании должны быть учтены неравномерности и необходимость корректировки протекания технологических процессов в карьере из-за неплановых простоев горного и транспортного оборудования, неподтверждения горно-геологической ситуации, организация взаимодействия и техническое состояние горного и транспортного оборудования; основание на действующих нормативах и т. д.

Важнейшими показателями, характеризующими рациональность использования производственной мощности предприятия, являются коэффициент использования производственной мощности и коэффициент средней загрузки технологического оборудования, критерий уровня организации интенсивного использования производственной мощности (минимум разрыва между коэффициентом использования производственной мощности и коэффициентом средней загрузки оборудования). Поэтому задачей нормирования является определение нормативных значений именно этих показателей. Гибкость в данном случае заключается в индивидуальном подходе к нормированию работы каждой единицы оборудования с учетом его технических, технологических и экономических показателей, а также горно-геологических условий эксплуатации.

Разные условия эксплуатации оборудования на карьерах исключают возможность применения на них среднеотраслевых нормативов использования горнотранспортного оборудования по времени. Для того чтобы учесть различные горно-геологические, горнотехнические и другие условия эксплуатации оборудования на карьерах, дополнительно вводится показатель срока рациональной эксплуатации оборудования, под которым понимается не традиционная продолжительность списания капитальных вложений до размера ликвидационной стоимости, а время

его эффективного физического функционирования [12]. Сроки рациональной эксплуатации оборудования определяются исходя из рентабельности функционирования горнотранспортной системы карьера – важнейшего показателя, оценивающего уровень эффективности ее работы. Это обеспечивает наиболее эффективное использование имеющихся производственных мощностей. Предельный срок рациональной эксплуатации оборудования устанавливается исходя из условия, что рентабельность продукции горнотранспортного комплекса не меньше рентабельности, принятой на данном предприятии. Срок рациональной эксплуатации устанавливается по каждой единице технологического оборудования.

Обсуждение

В ходе обсуждения полученных результатов установлено, что одним из ключевых отличительных аспектов формирования проектных управленческих решений является обеспечение качественной взаимосвязки устанавливаемых нормативов с процедурами планирования и экономической оценки оптимальной производственной мощности горнодобывающего предприятия. Реализация данного подхода позволяет поэтапно и более адекватно учитывать совокупность горно-геологических и горнотехнических условий, формирующихся в карьере, что, в свою очередь, обеспечивает существенное повышение качества управления производственными процессами.

Предлагаемый подход к проектным управленческим решениям для геотехнологических комплексов карьеров с автотранспортом создает предпосылки к установлению реальных норм и плановых показателей по основным элементам системы на основе учета фактических технологических возможностей и экономически эффективной работы горнотранспортного комплекса в целом. Позволит значительно сократить удельные текущие затраты на добычу и транспортировку горной массы. Кроме того, основным критерием принятия проектных управленческих решений являются корпоративные интересы, нацеленные на обеспечение максимальной экономической эффективности работы горнодобывающего предприятия в целом.

Данный метод в наибольшей степени обеспечивает качественное соответствие норм определенным горно-геологическим и организационно-техническим условиям работы основного технологического оборудования и открывает возможность моделирования работы горного и транспортного оборудования на рабочих горизонтах в динамике. Прогрессивные нормы способствуют созданию обоснованной базы для материального стимулирования ускорения освоения проектных показателей, так как при досрочном их освоении увеличивается прибыль предприятия, предоставляется возможность точнее определять сроки окупаемости капитальных вложений, обеспечивается целенаправленный рост производства в период освоения и более высокая отдача капитальных вложений.

Заключение

Таким образом, обоснован подход к принятию проектных управленческих решений в рамках функционирования геотехнологических комплексов карьеров, ба-

зирующийся на применении метода календарного планирования технологических процессов с интеграцией механизма гибкого регламентированного нормирования ключевых технологических показателей. Данный подход обеспечивает высокую степень соответствия норм специфическим горно-геологическим и организационно-техническим условиям конкретного карьера, а также открывает возможность динамического моделирования работы горного и транспортного оборудования на рабочих горизонтах с учетом изменяющихся условий эксплуатации.

В совокупности внедрение предложенного подхода создает предпосылки для системной оптимизации рабо-

ты геотехнологических комплексов карьеров, повышения производственной надежности и эффективности использования горного и транспортного оборудования, а также формирования научно-обоснованной базы для стратегического планирования горнотранспортных операций.

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».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Табакман И.Б. Повышение качества и безопасности горных работ на основе автоматизированных систем управления на карьерах // Проблемы и пути инновационного развития горнодобывающей промышленности: мат. VI междунар. науч.-практ. конф., Алматы, 2013. С. 406–409 (на русском языке)
2. Темкин И.О., Клебанов Д.А. Интеллектуальные системы управления горнотранспортными комплексами: современное состояние, задачи и механизмы решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск. «Неделя Горняка – 2014». 2014. С. 8–13 (на русском языке)
3. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Назаренко Н.В. и др. Автоматизированная система планирования горных работ на базе ГИС K-Mine // «SVIT GIS-2012»: Сб. докладов II Междунар. науч.-практ. семинара, Кривой Рог, 2012. С. 120–128 (на русском языке)
4. Нуето А., Медина Дж.Ф. Разработка индекса стратегического социально-экономического риска как вспомогательного средства для оценки осуществимости горнодобывающих проектов и операций // Журнал Южноафриканского института горного дела и металлургии. 2020. № 7 (120). С. 433–450 (на английском языке)
5. Многокритериальный подход к программированию с ограничениями для решения проблем кластеризации при планировании горных работ / Мариц Дж. Л.В. [и др.] // Инженерные вычисления. 2024. Т. 41. № 10. С. 2682–2706 (на английском языке)
6. Нориега Р., Пуррахимян Й., Аскари-Насаб Х. (Январь, 2025). Система диспетчеризации самосвалов на открытых горных работах в режиме реального времени на основе глубокого обучения с подкреплением. Компьютерные и операционные исследования. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054824002879> (на английском языке)
7. Прогнозирование циклического общественно-экономического развития внешней и внутренней среды организации / Ю.А. Адерихо, О.А. Володарский, А.Ф. Крюкова [и др.]. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 404 с. (на русском языке)
8. Кулецкий В.Н. Разработка комплекса решений по формированию угольного разреза нового технико-технологического уровня: автореф. дис. ... канд. техн. наук, Магнитогорск, 2013. 24 с. (на русском языке)
9. Планирование развития производственного подразделения угледобывающего предприятия (на примере горнотранспортного участка ОАО «Разрез Тугунуйский») / Кулецкий В.Н. [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 6 (29). С. 36 (на русском языке)
10. Адилханова Ж.А. Разработка методического обеспечения корпоративного оперативного планирования горнотранспортных работ при управлении геотехнологическими комплексами: дисс. ... канд. техн. наук, Алматы, 2009. 118 с. (на русском языке)
11. Бояндинова А.А. Научно-методическое обеспечение устойчивости функционирования геотехнологических систем на открытых разработках: дисс. ... д-р. техн. наук, Алматы, 2010. 269 с. (на русском языке)
12. Адилханова Ж., Бояндинова А. Концепция системы управления технологическими процессами на карьерах // Труды 18-й Международной междисциплинарной научной геоконференции SGEM 2018. Албена, Болгария. 2018. С. 191–196 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Табакман И.Б. Автоматтандырылған карьерлік басқару жүйелеріне негізделген тау-кен жұмыстарының сапасы мен қауіпсіздігін арттыру // Тау-кен өнеркәсібінің инновациялық даму

- мәселелері мен жолдары: VI Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары, Алматы, 2013. Б. 406–409 (орыс тілінде)
2. Темкин И.О., Клебанов Д.А. Тау-кен және көлік кешендеріне арналған интеллектуалды басқару жүйелері: ағымдағы жағдайы, міндеттері және шешім қабылдау механизмдері // Тау-кен ақпараттық-талдамалық бюллетені. Арнайы шығарылым. «Шахтер апталығы – 2014». 2014. Б. 8–13 (орыс тілінде)
 3. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Назаренко Н.В. және т. б. K-Mine GIS негізінде тау-кен жұмыстарын жоспарлаудың автоматтандырылған жүйесі // «SVIT GIS-2012»: II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік семинардың есептерінің жинағы, Кривой Рог, 2012. Б. 120–128 (орыс тілінде)
 4. Нието А., Медина Дж.Ф. Тау-кен жобалары мен операцияларының орындылығын бағалауға көмек ретінде әлеуметтік-экономикалық стратегиялық тәуекел индексін әзірлеу // Оңтүстік Африка тау-кен және металлургия институтының журналы. 2020. № 7 (120). Б. 433–450 (ағылшын тілінде)
 5. Кен жоспарлаудағы кластерлік мәселелерді шешуге арналған көп мақсатты шектеулерді бағдарламалау тәсілі / Мариц Дж. Л.В. [және т. б.] // Инженерлік есептеулер. 2024. Т. 41. № 10. Б. 2682–2706 (ағылшын тілінде)
 6. Нориега Р., Пуррахимян Й., Аскари-Насаб Х. (Қаңтар, 2025). Терең нығайтуды оқытуға негізделген нақты уақыт режиміндегі ашық карьерлік тау-кен жүк көліктерін диспетчерлеу жүйесі. Компьютерлер және операцияларды зерттеу. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054824002879> (ағылшын тілінде)
 7. Ұйымның сыртқы және ішкі ортасының циклдік әлеуметтік-экономикалық дамуын болжау / Ю.А. Адерихо, О.А. Володарский, А.Ф. Крюкова [және т. б.]. Красноярск: Сібір федералды университеті, 2013. 404 б. (орыс тілінде)
 8. Кулецкий В.Н. Жаңа техникалық және технологиялық деңгейдегі көмір ашық шахтасын қалыптастыруға арналған шешімдер жиынтығын әзірлеу: PhD диссертациясының аннотациясы, Магнитогорск, 2013. 24 б. (орыс тілінде)
 9. Көмір өндіру кәсіпорнының өндірістік бөлімшесін дамытуды жоспарлау (мысал ретінде «Разрез Тугнуйский» ААҚ тау-кен және көлік бөлімін пайдалана отырып) / Кулецкий В.Н. [және т. б.] // Тау-кен ақпараттық-талдау бюллетені. 2015. № 6 (29). Б. 36 (орыс тілінде)
 10. Әділханова Ж.А. Геотехнологиялық кешендерді басқаруда тау-кен және көлік операцияларын корпоративтік операциялық жоспарлауды әдістемелік қолдауды әзірлеу: дис. ... ғылым кандидаты (инж.), Алматы, 2009. 118 б. (орыс тілінде)
 11. Бояндинова А.А. Ашық карьерлік тау-кен өндірісіндегі геотехнологиялық жүйелердің жұмыс істеуінің тұрақтылығын ғылыми-әдістемелік қамтамасыз ету: дис. ... техника ғылымдарының докторы, Алматы, 2010. 269 б. (орыс тілінде)
 12. Әділханова Ж., Бояндинова А. Ашық карьерлердегі технологиялық процестерді басқару жүйесінің тұжырымдамасы // 18-ші халықаралық көп салалы ғылыми геоконференция SGEM 2018 материалдары, Албена, Болгария, 2018. Б. 191–196 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Tabakman I.B. Povyshenie kachestva i bezopasnosti gornykh rabot na osnove avtomatizirovannykh sistem upravleniya na kar'erakh [Improving the quality and safety of mining operations using automated control systems at open pits], Materialy VI mezhd. nauch.-prakt. konf. «Problemy i puti innovatsionnogo razvitiya gornodobyvayushchei promyshlennosti» [Proceedings of the VIth int. scient-pract. conf. «Problems and Ways of Innovative Development of the Mining Industry»], Almaty, 2013. 406–409 pp. (in Russian)
2. Temkin I.O., Klebanov D.A. Intellekтуал'nye sistemy upravleniya gorno-transportnymi kompleksami: sovremennoe sostoyanie, zadachi i mekhanizmy resheniya [Intelligent control systems for mining and transport complexes: current status, challenges, and solution mechanisms], Gornyy informacionno-analiticheskij bjulleten'. Spetsial'nyi vypusk. «Nedelya Gornyaka – 2014» [Mining information and analytical bulletin. Special issue. «Miner's Week 2014»]. 2014. 8–13 pp. (in Russian)
3. Nazarenko V.M., Nazarenko M.V., Nazarenko N.V. et al. Avtomatizirovannaya sistema planirovaniya gornykh rabot na baze GIS K-Mine [Automated system for planning mining operations based on K-Mine GIS], Sb. dokladov II Mezhdunar. nauch.-prakt. Seminara «SVIT GIS-2012» [Proceedings of the int. scient-pract. seminar «SVIT GIS-2012»], Krivoy Rog, 2012. 120–128 pp. (in Russian)
4. 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. No. 7 (120). 433–450 pp. (in English)
5. A multi-objective constraint programming approach to address clustering problems in mine planning / Mariz J.L.V. [et al.] // Engineering Computations. 2024. V. 41. No. 10. 2682–2706 pp. (in English)

6. Noriega R., Pourrahimian Y., Askari-Nasab. H. (January, 2025). Deep Reinforcement Learning based real-time open-pit mining truck dispatching system. *Computers & Operations Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054824002879> (in English)
7. Prognozirovanie tsiklichnogo obshchestvenno-ekonomicheskogo razvitiya vneshnei i vnutrennei sredy organizatsii [Forecasting the Cyclical Socioeconomic Development of the External and Internal Environment of an Organization], Yu.A. Aderikho, O.A. Volodarskii, A.F. Kryukova [et al.]. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2013. 404 p. (in Russian)
8. Kuletskii V.N. Razrabotka kompleksa reshenii 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: avtoref. dis. ... cand. tech. sciences], Magnitogorsk, 2013. 24 p. (in Russian)
9. Planirovanie razvitiya proizvodstvennogo podrazdeleniya ugledobyvayushchego predpriyatiya (na primere gornotransportnogo uchastka OAO «Razrez Tugnuiskii»), [Planning of the development of the production unit of a coal mining enterprise (on the example of the mining and transportation section of JSC Tugnuysky Section)], Kuletskii V.N. [et al.], Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. 2015. No. 6 (29). 36 p. (in Russian)
10. Adilkhanova Zh.A. Razrabotka metodicheskogo obespecheniya korporativnogo operativnogo planirovaniya gorno-transportnykh rabot pri upravlenii geotekhnologicheskimi kompleksami [Development of Methodical Support for Corporate Operational Planning of Mining and Transport Operations in the Management of Geotechnological Complexes], dis. ... cand. tech. sciences], Almaty, 2009. 118 p. (in Russian)
11. Boyandinova A.A. Nauchno-metodicheskoe obespechenie ustoichivosti funktsionirovaniya geotekhnologicheskikh sistem na otkrytykh razrabotkakh [Scientific and Methodological Support for the Sustainable Operation of Geotechnological Systems in Open-Pit Mines], dis. ... dr. tech. sciences], Almaty, 2010. 269 p. (in Russian)
12. Adilkhanova Zh., Boyandinova A. Concept of Management System of Technological Processes at Open Pits // *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, Albena, Bulgaria, 2018. 191–196 pp.* (in English)

Сведения об авторах:

Бояндинова А.А., д. т. н., доцент, ученый секретарь Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева» (г. Алматы, Казахстан), A.Boyandinova@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-5197-4599>

Адилханова Ж.А., к. т. н., заведующая лабораторией Филиала РГП «НЦ КПМС РК» «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева» (г. Алматы, Казахстан), Zhanna_mark10@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2637-4006>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бояндинова Ә.Ә., т. ғ. д., доцент, «ҚР ҰК МҚК» РМҚ «Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен институты» филиалының ғылыми хатшысы (Алматы қ., Қазақстан)

Әділханова Ж.А., т. ғ. к., «ҚР ҰК МҚК» РМҚ «Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен институты» филиалының зертхана меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Boyandinova A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Scientific Secretary of the «Institute of Mining named after D.A. Kunayev» Branch of the «NC CPMS RK» RSE (Almaty, Kazakhstan)

Adilkhanova Zh.A., Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory of the «Institute of Mining named after D.A. Kunayev» Branch of the «NC CPMS RK» RSE (Almaty, Kazakhstan)