ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2023;(5-1):170-184
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.272; 622.45, 622.277 DOI: 10.25018/0236_1493_2023_51_0_170

АКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Д.А. Стадник[1], Н.М. Стадник[1], К.Л. Григорян[1], З.В. Кожиев[1]

[1] Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Владикавказ, РСО-Алания, Россия, e-mail: sined777@yandex.ru

Аннотация: Основная задача корректировки технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых состоит в возможности в кратчайшие сроки, с минимальными экономическими затратами и потерями адекватно отразить влияние изменений внешней и внутренней среды на показатели проекта с целью своевременной выработки и принятия последовательности управленческих решений, направленных на поддержание результатов работы горнодобывающего предприятия на проектном уровне. Приведен подробный список показателей технического проекта разработки рудного месторождения, подлежащих периодической актуализации при ведении горных работ. Предложен для реализации в ГГИС алгоритм автоматизированного процесса актуализации технологических показателей технических проектов разработки месторождений и подробно рассмотрены его основные этапы: от анализа исходных данных до получения календарного плана ведения горных работ. Доказана работоспособность алгоритма в производственных условиях. Сделан вывод о надежности и достоверности актуализированных данных, полученных при эксплуатации алгоритма. Обосновано, что точность полученных актуализированных данных позволяет качественно составлять отчетные материалы и в дальнейшем производить добычу полезного ископаемого со сниженными экономическими рисками на основе календарного плана ведения горных работ.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, горно-геологические информационные системы (ГГИС), актуализация технологических показателей, технические проекты, разработка месторождений твердых полезных ископаемых, подсчет запасов, календарный план ведения горных работ, рудное месторождение.

Для цитирования: *Стадник Д. А., Стадник Н. М., Григорян К .Л., Кожиев З. В.* Актуализация технологических показателей технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых с помощью компьютерных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 5-1. – С. 170–184. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_51_0_170.

Technological updating of mineral mining projects using computer technologies

D.A. Stadnik[1], N.M. Stadnik[1], K.L. Grigoryan[1], Z.V. Kozhiev[1]

[1] North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia, e-mail: sined777@yandex.ru

© Д.А. Стадник, Н.М. Стадник, К.Л. Григорян, З.В. Кожиев. 2023.

Abstract: The main mission of engineering correction of mineral mining projects consists in the imaging of the varied internal and external impacts on the project performance at the shortest terms and at the minimized economic losses and cost to the effect of prompt and appropriate managerial decisions toward sustainable operation of a mine at the planned production level. The article gives a detailed list of data on a mineral mining project to be routinely updated during the project performance. The automated technological updating algorithm is proposed for mineral mining projects to be implemented using special mining and geology software systems, and the main stages of the algorithm are discussed, starting from the input data analysis and finishing with the mining operation scheduling. The algorithm efficiency is confirmed in the production conditions. The reliability and authenticity of the updated data provided by the algorithm is proved. It is validated that the accuracy of the updated data allows higher-quality deliverables and enables mineral production at reduced economic risks thanks to improved mining schedule.

Key words: mine, mining and geology software systems, technological updating, engineering projects, solid mineral mining, appraisal, mining schedule, ore deposit.

For citation: Stadnik D. A., Stadnik N. M., Grigoryan K. L., Kozhiev Z. V. Technological updating of mineral mining projects using computer technologies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(5-1):170-184. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_51_0_170.

Введение

При функционировании любого горного предприятия собственник периодически рассматривает долгосрочную перспективу развития предприятия во времени. Как правило, составляется стратегический план добычи полезных ископаемых, определяются риски, производится инспекция всех технических и технологических процессов на предприятии. Таким образом, осуществляется пролонгация тенденций развития горнодобывающего предприятия, которое было до момента оценки, на продолжительный период. Однако такое пролонгирование прошлого в будущем в реальных условиях подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых может столкнуться с изменчивостью горно-геологических данных в процессе эксплуатации месторождений [1].

Для того чтобы минимизировать ошибки при составлении стратегии развития горнодобывающего предприятия, вызванные влиянием негативных факторов (изменчивость горно-геологических данных, выявленная нарушенность, водоносные горизонты и т.п.) и имеющие вероятностный характер [2, 3], необходимо периодически сверять реальное развитие горных работ с планом их развития, полученном на основе пролонгирования. Чем чаще производится сверка, тем меньше отклонение развития предприятия от плана и, соответственно, ниже экономические потери [4]. Далее, на основе анализа больших данных — данных диспетчеризации, параметров отклонений, технологических показателей и многих других — принимаются решения о необходимости корректирующего воздействия, которое приведет к соответствию с утвержденным стратегическим планом [5]. Например, при необходимости обеспечивать добычу полезного ископаемого в 1000 тыс. т в год на протяжении 10 лет при текущей ситуации, возможно, горнодобывающему предприятию уже сейчас необходимо обеспечить строительство капитальных выработок

на некоторых участках. Таким образом, приоритетной для руководства рудника является задача оптимального ситуационного управления горнодобывающим предприятием, при котором корректировке могут подвергаться как план развития предприятия, так и текущие процессы предприятия. Корректировка технического проекта выполняется с целью актуализации систем и порядка отработки запасов полезного ископаемого, параметров применяемых систем разработки и порядка развития горных работ по участкам месторождения, а также изменения схемы транспортировки горной массы с целью обеспечения перспективной программы добычи полезного ископаемого [6]. В связи с этим на первый план выдвигаются вопросы актуализации технологических показателей технических проектов освоения запасов месторождения.

В настоящее время для актуализации технических показателей технических проектов освоения запасов все чаще применяются средства компьютерного моделирования месторождений с использованием различных статистических и нестатистических методов, так называемые горно-геологические информационные системы (ГГИС) [7]. Блочная модель, построенная в ГГИС на основе данных методов, при утвержденной геометрии и плотности сети разведочных скважин достаточно полно дает представление о существующих неоднородностях в строении месторождений полезных ископаемых [8]. Ко всему прочему, с помощью блочного моделирования возможно не только оценивать запасы отдельно для различных типов и промышленных сортов полезного ископаемого на основе их геометризации, но и проектировать ведение горных работ [9].

Однако блочные модели в современных ГГИС статичны во времени и дают представление о ситуации лишь на определенный временной отрезок [10]. К тому же в современные ГГИС не заложен инструментарий анализа на соответствие текущего состояния горных работ стратегическому плану развития горнодобывающего предприятия, поэтому решение этих вопросов полностью ложится на опытных экспертов-проектировщиков. Таким образом, актуализация в ГГИС технологических показателей технических проектов разработки месторождений является важной практической и научной задачей.

Методика исследования

В соответствии с логикой научного поиска в работе применяется методика исследования, включающая системный анализ проектной документации и регламентов, принятых на горнодобывающих предприятиях, математический и логический аппараты, функционал современных горно-геологических информационных систем, применяющихся при актуализации технологических показателей технических проектов, а также апробацию разработанного алгоритма на экспериментальных данных и в условиях предприятия.

Результаты

Анализ закона Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1, постановления Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2127 «О порядке подготовки, согласования и утверждения технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых, технических проектов строительства и эксплуатации подземных сооружений, технических проектов ликвидации и консервации горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с пользованием недрами, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами», федеральных норм и правил в области промышленной безо-

пасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 ноября 2013 г. № 550, и приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25 июня 2010 г. № 218 «Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых… » выявил, что основные технико-экономические результаты и составляющие их операции при разработке месторождений полезных ископаемых можно объединить в 5 ключевых групп: показатели производительности труда; показатели расхода материалов, энергии и оборудования, применяемых в процессе добычи; экономические показатели; показатели качества и полноты извлечения руды; показатели интенсивности разработки.

Следовательно, актуализации подлежат следующие технологические показатели:

- границы отработки запасов полезных ископаемых по техническим проектам/ проектам капитального строительства и пусковым комплексам;
- границы отработанных запасов полезных ископаемых по техническим проектам;
- границы выемочных/технологических единиц;
- календарный график отработки балансовых и эксплуатационных запасов полезного ископаемого по техническим проектам, пусковым комплексам, выемочным единицам, технологическим единицам по годам с учетом текущей и плановой ситуациях на предприятии;
- перспективный объем сырья и технологическая схема его переработки до получения товарной продукции;
- балансовые запасы полезных ископаемых по техническим проектам, проектам капитального строительства, пусковым комплексам, выемочным единицам, технологическим единицам;
- эксплуатационные запасы полезных ископаемых по техническим проектам, проектам капитального строительства, пусковым комплексам, выемочным единицам, технологическим единицам;
- расчет показателей потерь и разубоживания по проекту, пусковым комплексам, этапам, типам полезного ископаемого, системам разработки, выемочным единицам, технологическим единицам;
- содержание цветных и драгоценных металлов в эксплуатационных запасах полезного ископаемого по техническим проектам, проектам капитального строительства, выемочным единицам, технологическим единицам по годам отработки;
- технологические свойства извлекаемого полезного ископаемого и распределение его геолого-технических сортов;
- показатели извлечения металлов при обогащении по типам геоматериала в целом и на первые три года эксплуатации;
- соотношение балансовых запасов полезного ископаемого по категориям разведанности А/В/С1/С2 по техническим проектам, проектам капитального строительства в целом, пусковым комплексам, выемочным единицам в целом и на первые три года эксплуатации;
- выполнение расчетов материальных потоков по техническим проектам, проектам капитального строительства, пусковому комплексу на основании запасов, утвержденных ГКЗ [11].

В настоящее время описано множество способов и средств актуализации технологических показателей технических проектов. Однако в основном эти описания касаются или нормативных баз законодательства, или специализированного программного обеспечения для

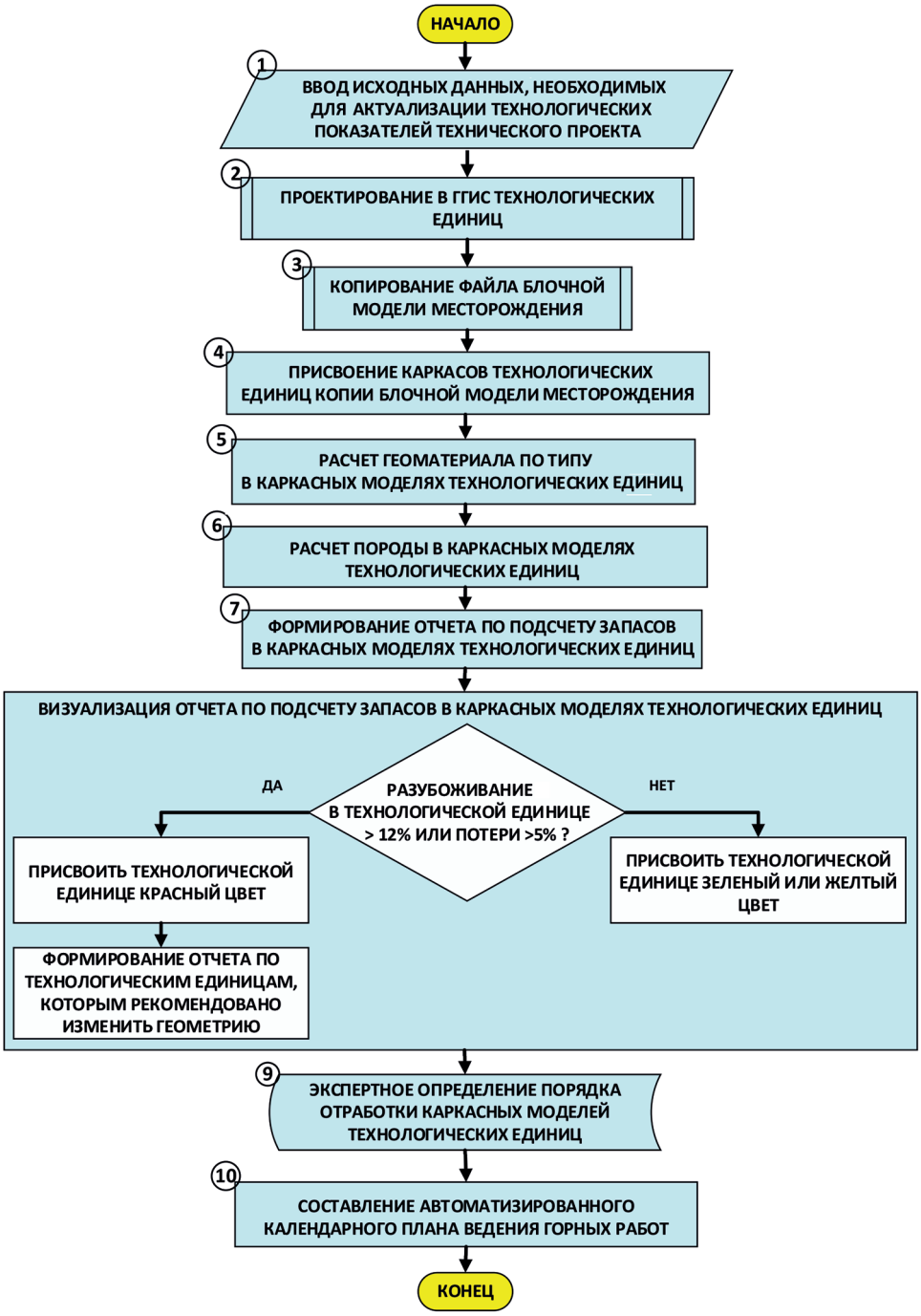


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного процесса актуализации технологических показателей технических проектов разработки месторождений в ГГИС

Fig. 1. The algorithm of the automated process updates the technological indicators of technical projects for the development of deposits in MGIS

решения локальных задач [12] или отдельных процессов горнодобывающего предприятия. Актуализацию технологических показателей участков, охваченных проектными решениями, целесообразно выполнять на базе ресурсной модели, с учетом технических и проектных решений по соответствующей проектной документации. Как правило, на производстве есть группа технологов-экспертов, которые инициируют процесс актуализации технологических показателей и определяют, какие этапы, в какой последовательности и с помощью каких доступных средств необходимо пересмотреть [13].

Авторами был разработан алгоритм автоматизированного процесса актуализации технологических показателей технических проектов разработки месторождения на участках горнодобывающего предприятия для использования в ГГИС, который состоит из десяти основных этапов (рис. 1). Рассмотрим подробно каждый этап на примере рудного медно-никелевого месторождения.

На первом этапе осуществляется изучение и анализ исходных данных и ввод их в систему автоматизированного проектирования. Как правило, при высоком уровне цифровой готовности горнодобывающего предприятия и использовании ГГИС при проектировании и планировании горных работ к исходным данным относятся: проектная документация по проектам разработки месторождения на основании протокола ЦКР-ТПИ Роснедр; проектная документация по добыче руд с учетом их типа; проектная документация по вскрытию, подготовке и отработке запасов; актуализированная по данным эксплуатационной и детальной разведки каркасная и блочная (ресурсная) модель в границах пусковых комплексов проектов; объемы погашенных балансовых и эксплуатационных запасов на определенную предприятием дату; двумерные полигоны категорий разведанности по типам руд на определенную предприятием дату в векторном формате; планы горных работ (горно-подготовительных, нарезных и очистных) по горизонтам с фактическими контурами отработки залежей всех типов руд на определенную предприятием дату; регламенты параметров технологических и выемочных единиц при отработке запасов месторождения, утвержденные заседанием горной и геологической секций предприятия; регламенты технологических производственных процессов, используемые при проектировании, и другие.

На втором этапе производится проектирование технологических единиц. При этом необходимо понимать различия между понятиями «выемочная» и «технологическая» единица. Под выемочной единицей следует понимать минимальный участок месторождения с относительно однородными геологическими условиями, отработка которого, согласно проекту, осуществляется одной системой разработки, технологической схемой выемки (карьер, уступ, блок, лава, камера, залежь, месторождение и т.п.), в пределах которого с достаточной достоверностью определены запасы и возможен достоверный учет добычи (извлечения) полезных ископаемых и элементов. Технологическая единица — часть выемочной единицы, соответствующая минимальному элементарному блоку, ограниченному линиями технологической сетки в пределах запасов, подлежащих отработке в рамках технического проекта. Таким образом, за технологическую единицу условимся принимать ленты/камеры/целики/слои/заходки/выработки, с учетом требований ранее принятых технических решений в рамках разработки, соответствующей проектной документации. Границы отработки запасов полезных ископаемых и

технические границы проектов принимаются в соответствии с принятыми в рамках разработки соответствующей проектной документации. Следует отметить, что границы проекта должны обеспечивать рациональное использование недр [14]. При этом координаты угловых точек технических границ проектов и пусковых комплексов следует проектировать в трехмерном формате ГГИС. Далее, в среде ГГИС синтезируются каркасные модели технологических единиц, наименования и атрибуты которых оформляются в соответствии с утвержденным регламентным набором атрибутов каркасных моделей [15]. Из общих требований к созданию каркасных моделей технологических единиц можно выделить следующие:

- каркасные модели должны быть топологически корректными, замкнутыми, не содержать ошибок триангуляции, самопересечений и внутренних стенок [16];
- наименования каркасных моделей должны соответствовать названиям, указанным на иных графических и текстовых материалах, включающих эти горные выработки. В то же время при именовании моделей необходимо исключать пробелы, а также символы, не воспринимающиеся операционной системой Windows («/», «\» и т.п.);
- на одну горную выработку создается один файл (например, *.tridb — формат хранения каркасных моделей в ГГИС Micromine) с определенным набором атрибутов. Все каркасные модели, относящиеся к одной и той же выработке и характеризующие ее части, записываются в соответствующий файл *.tridb с заполнением всех обязательных атрибутов [17].

Для повышения качества технологического проектирования и минимизации трудовых затрат создание технологических единиц осуществляется при помощи реализации алгоритма автоматизации раскройки рудного поля на каркасные модели технологических единиц в ГГИС [18].

Третьим этапом в данном алгоритме является копирование файла блочной модели, для того чтобы исключить возможность появления ошибки или потери исходного файла блочной модели. Далее все действия производятся с файлом-копией.

Четвертый этап заключается в присвоении каркасов технологических единиц копии блочной модели месторождения.

Далее, на пятом этапе производится расчет геоматериала по типу в автоматизированном режиме. В современных ГГИС возможность подсчета запасов на основе различных математических методов достаточно велика. Выбор того или иного способа связан главным образом с системой разведки и расположением разведочных и горных выработок. Точность подсчета запасов в меньшей степени зависит от метода и определяется достоверностью и детализированностью исходных данных. Не стоит также забывать, что особого внимания при вычислениях требует обоснование принимаемых решений и геометрических построений.

В данной работе использовался метод обратных расстояний, суть которого заключается в учете расстояния ячейки блочной модели от близлежащих разведочных выработок. Следует отметить, что в нашем примере расчет производится по руде и соответствующим ей типам: вкрапленная, медистая и богатая (см. рис. 2).

Таким образом, на данном этапе определяется, какие полезные компоненты находятся в пределах объема каркасов выемочных единиц, какого они качества и в каком количестве.

На шестом этапе автоматически происходит расчет вмещающих пород по кар-

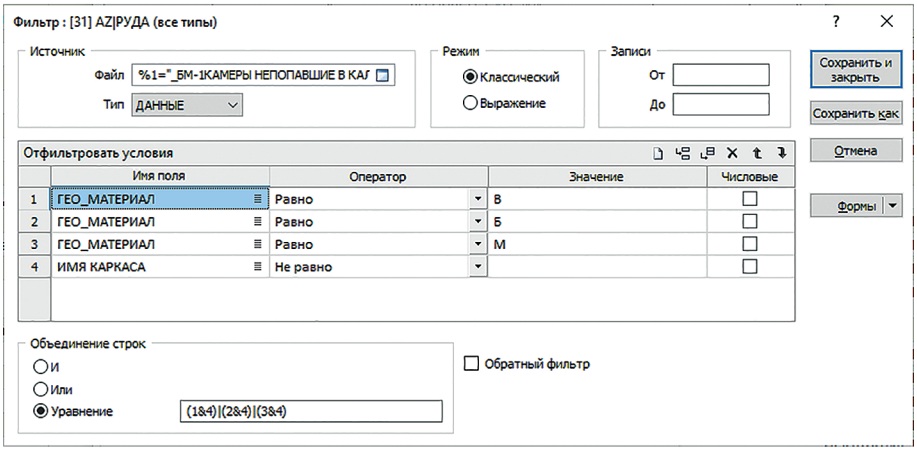
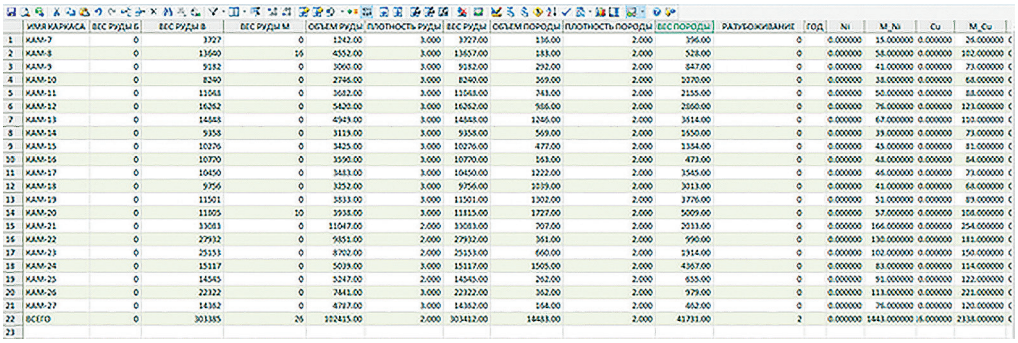


Рис. 2. Настройка геоматериала по типам руды в ГГИС
Fig. 2. Setting geomaterial by ore type in MGIS

касным моделям технологических единиц. Сущность этого этапа такая же, как и предыдущего, только расчеты производятся с вмещающими породами. Это необходимо для того, чтобы система смогла найти соотношение рудной массы и породы для определения значения такого технологического показателя, как разубоживание, в автоматическом режиме.

На седьмом этапе в автоматизированном режиме происходит формирование отчета по подсчету запасов месторождения с детализацией по технологическим единицам, который включает в себя расчет потерь, разубоживания, объема, веса, плотности руды и породы, а также содержания по металлам (рис. 3). Расчет потерь и разубоживания выполняется по технологическим единицам на основании нормативных документов, регламентирующих методологию нормирования потерь и разубоживания при отработке руд месторождения [19]. Также производится расчет движения балансовых и эксплуатационных запасов руд и металлов (никель, медь, кобальт, сумма платиноидов) и содержаний металлов по каждой выемочной единице по годам на срок до выбытия запасов участков, охваченных проектными решениями.



	ИМЯ КАРКАСА	ВЕС РУДЫ Б	ВЕС РУДЫ В	ВЕС РУДЫ М	ОБЪЕМ РУДЫ	ПЛОТНОСТЬ РУДЫ	ВЕС РУДЫ	ОБЪЕМ ПОРОДЫ	ПЛОТНОСТЬ ПОРОДЫ	ВЕС ПОРОДЫ	РАЗУБОЖИВАНИЕ	ГОД	Ni	M_Ni	Cu	M_Cu
1	КАМ-7	0	3327	0	1242.00	3.000	3727.00	136.00	2.000	396.00	0	0	0.000000	15.000000	0.000000	26.000000
2	КАМ-8	0	13640	16	4552.00	3.000	13657.00	183.00	2.000	528.00	0	0	0.000000	58.000000	0.000000	102.000000
3	КАМ-9	0	9182	0	3060.00	3.000	9182.00	292.00	2.000	847.00	0	0	0.000000	41.000000	0.000000	73.000000
4	КАМ-10	0	8240	0	2746.00	3.000	8240.00	369.00	2.000	1070.00	0	0	0.000000	38.000000	0.000000	68.000000
5	КАМ-11	0	11548	0	3682.00	3.000	11048.00	743.00	2.000	2155.00	0	0	0.000000	50.000000	0.000000	88.000000
6	КАМ-12	0	16262	0	5420.00	3.000	16262.00	986.00	2.000	2860.00	0	0	0.000000	76.000000	0.000000	123.000000
7	КАМ-13	0	14548	0	4949.00	3.000	14848.00	1246.00	2.000	3614.00	0	0	0.000000	67.000000	0.000000	110.000000
8	КАМ-14	0	9358	0	3119.00	3.000	9358.00	569.00	2.000	1650.00	0	0	0.000000	39.000000	0.000000	73.000000
9	КАМ-15	0	10276	0	3425.00	3.000	10276.00	477.00	2.000	1384.00	0	0	0.000000	45.000000	0.000000	81.000000
10	КАМ-16	0	10770	0	3590.00	3.000	10770.00	163.00	2.000	473.00	0	0	0.000000	48.000000	0.000000	84.000000
11	КАМ-17	0	10450	0	3483.00	3.000	10450.00	1222.00	2.000	3545.00	0	0	0.000000	46.000000	0.000000	73.000000
12	КАМ-18	0	9756	0	3252.00	3.000	9756.00	1039.00	2.000	3013.00	0	0	0.000000	41.000000	0.000000	68.000000
13	КАМ-19	0	11501	0	3833.00	3.000	11501.00	1302.00	2.000	3776.00	0	0	0.000000	51.000000	0.000000	89.000000
14	КАМ-20	0	11805	20	3938.00	3.000	11825.00	1727.00	2.000	5009.00	0	0	0.000000	57.000000	0.000000	106.000000
15	КАМ-21	0	13083	0	11047.00	2.000	13083.00	707.00	2.000	2033.00	0	0	0.000000	166.000000	0.000000	254.000000
16	КАМ-22	0	27932	0	9651.00	2.000	27932.00	361.00	2.000	990.00	0	0	0.000000	130.000000	0.000000	181.000000
17	КАМ-23	0	25153	0	8702.00	2.000	25153.00	660.00	2.000	1914.00	0	0	0.000000	102.000000	0.000000	150.000000
18	КАМ-24	0	15117	0	5039.00	3.000	15117.00	1505.00	2.000	4367.00	0	0	0.000000	83.000000	0.000000	114.000000
19	КАМ-25	0	14545	0	5247.00	2.000	14545.00	262.00	2.000	655.00	0	0	0.000000	91.000000	0.000000	122.000000
20	КАМ-26	0	22322	0	7441.00	3.000	22322.00	362.00	2.000	979.00	0	0	0.000000	113.000000	0.000000	221.000000
21	КАМ-27	0	14362	0	4787.00	3.000	14362.00	168.00	2.000	462.00	0	0	0.000000	76.000000	0.000000	120.000000
22	ВСЕГО	0	303385	26	102415.00	2.000	303412.00	14483.00	2.000	41731.00	2	0	0.000000	1443.000000	0.000000	2338.000000
23																

Рис. 3. Сформированный в автоматизированном режиме отчет по подсчету запасов
Fig. 3. The automatically generated report on the calculation of reserves

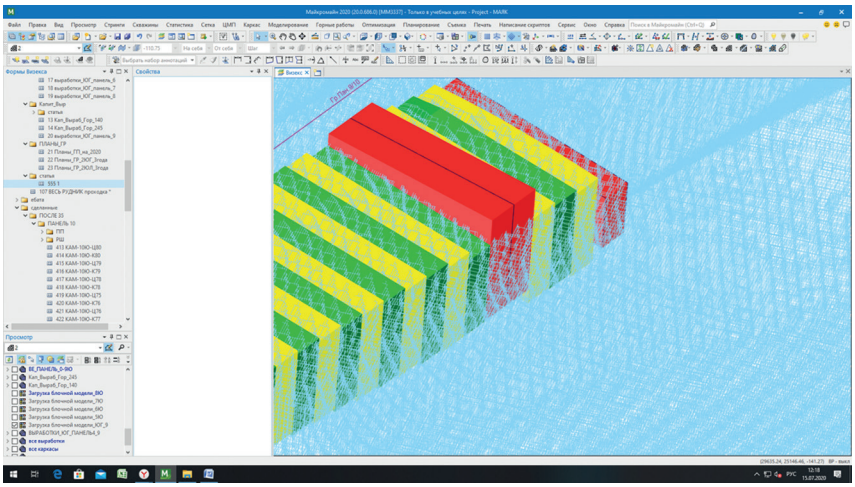


Рис. 4. Визуализация подсчета запасов с выявлением технологических единиц, не соответствующих техническому регламенту, принятому на предприятии

Fig. 4. Visualization of the calculation reserves with the identification of mining units that do not comply with the technical regulations adopted at the enterprise

На восьмом этапе алгоритма осуществляется визуализация подсчитанных запасов. Причем особенность этого этапа заключается в особом отображении технологических единиц (в нашем примере добычных камер) с помощью задания определенной цифровой палитры. На этом этапе выявляются технологические единицы, которые не соответствуют техническому регламенту, принятому на предприятии. Например, если добычная камера не удовлетворяет технологическим требованиям — разубоживание меньше 12%, а потери меньше 5% — то она автоматически отображается красным цветом, а если удовлетворяет — то желтым или зеленым (рис. 4). Соответственно, достаточно легко и просто визуально определить, какие из технологических единиц соответствуют требованиям производства, а какие нет.

На рис. 4 видно, что высота добычных камер, окрашеных в красный цвет, превышает мощность рудного тела, что в дальнейшем приведет к повышенному разубоживанию. Такие камеры будут автоматически отправлены на доработку.

После проверки технологических единиц на соответствие нормативным документам, регламентирующим методологию нормирования потерь и разубоживания, на девятом этапе экспертным путем задается порядок их отработки.

На десятом, заключительном этапе составляется календарный план ведения горных работ, который сопоставляется с основной концепцией стратегического развития горнодобывающего предприятия [20].

Практическая реализация и проверка работоспособности алгоритма автоматизированного процесса актуализации технологических показателей технических проектов разработки месторождений в ГГИС была выполнена в условиях рудника «Маяк» ПАО ГМК «Норильский никель». С целью обеспечения конфиденциальности коммерческих данных ПАО ГМК «Норильский никель» расчеты производились с использованием относительной системы координат и данные были модифицированы. В результате работы алгоритма были получены актуализированные данные по всем

а)

Календарный план рудника 01.06.2020- данные полученные в ГГИС - Excel

Группа Задач	ТипЗадачи	Имя Задачи	ВЕС РУДЫ	СОРТ Б	СОРТ В	СОРТ М	ВЕС ПОРОДЫ	ГОРНАЯ МАССА	Ni баланс, т	Cu баланс, т	Co баланс, т	S баланс, т	Pt баланс, т	Rh баланс, т	Os баланс, т	Ir баланс, т	Ru баланс, т	Au баланс, т	Ag баланс, т	Te баланс, т	Se баланс, т	Pd баланс, т	Потери экспл. по проекту, %	Разуб. экспл. по проекту, %
Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-1	1587,655	975,84195	611,8127	0	1193,917	2781,571	35,0199	159,74	0,7149	314,2272	0,01584	0,00022	2E-05	2,3E-05	6,4E-05	0,00405	0,0425	0,00061	0,11386	0,0574	2,2	22,5
Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-2	3069,179	2839,1169	230,0625	0	2874,461	5943,64	137,413	702,889	2,1666	857,6139	0,03816	0,00029	3,1E-05	2,6E-05	5,7E-05	0,0126	0,2345	0,00023	0,3296	0,1937	2,2	22,5
Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-3	2273,364	248,83257	2024,532	0	1576,708	3850,071	23,3957	37,9357	0,8304	142,6134	0,00495	0,00041	3,4E-05	5,2E-05	0,00019	0,00073	0,0195	0,00202	0,03649	0,0145	2,2	22,5
Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-4	3192,588	2130,306	1062,281	0	2399,8	5592,391	87,3687	409,397	1,7568	569,4916	0,02844	0,00049	3,2E-05	0,00014	8,1E-05	0,00762	0,1805	0,00926	0,23475	0,1254	2,2	22,5
Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-5	2566,821	1814,1025	752,7188	0	1844,14	4410,96	65,5819	317,365	1,2429	581,2932	0,0328	0,00035	3,3E-05	3,6E-05	8,6E-05	0,00772	0,0827	0,00075	0,20923	0,1208	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-1	405,8943	293,48809	112,4062	0	433,3943	839,2889	11,9379	16,1216	0,3317	78,51651	0,00124	0,00022	1,8E-05	2,1E-05	0,00011	0,00018	0,0099	0,00011	0,00377	0,0048	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-2	1431,983	1353,608	78,37503	0	1353,608	2785,591	62,532	314,48	1,004	397,1729	0,02909	0,00015	1,4E-05	3,7E-05	2,5E-05	0,00703	0,1365	0,00719	0,13889	0,1113	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-3	1214,979	1125,1663	89,81246	0	1154,891	2369,869	53,6106	247,13	0,877	325,2867	0,01827	0,00017	1,2E-05	1,7E-05	5E-05	0,00615	0,0822	9E-05	0,11131	0,0818	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-4	849,0788	529,6725	319,4063	0	635,7038	1484,78	28,3459	124,839	0,5253	175,2065	0,0068	0,00011	1,1E-05	1,1E-05	1,6E-05	0,00227	0,0356	0,00032	0,06162	0,0354	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-5	354,4922	174,49234	179,9998	0	234,7923	589,2844	7,79413	10,8482	0,2272	50,75953	0,00091	0,00014	1,2E-05	1,4E-05	7,2E-05	0,00013	0,0065	0,00018	0,00402	0,0033	2,2	22,5
Панель 1	Отработка камер	КАМ-6	1691,543	1248,2925	443,25	0	1306,293	2997,84	63,3838	302,826	0,9983	399,2463	0,04568	0,00017	1,7E-05	5,7E-05	3,5E-05	0,00818	0,1466	0,00699	0,13055	0,1374	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ТЗ-1	779,5287	443,71651	335,8122	0	568,7789	1348,309	21,9789	105,673	0,3867	136,7937	0,01105	8,2E-05	7,8E-06	9,3E-06	2,6E-05	0,00232	0,0363	0,00034	0,04742	0,035	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-1	1063,951	933,63864	130,3126	0	933,6386	1997,591	49,9779	207,223	0,8633	291,5233	0,01494	0,00024	1,1E-05	1,9E-05	4,4E-05	0,00453	0,0682	0,00013	0,0905	0,0677	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-2	1753,559	1635,9968	117,5625	0	1635,997	3389,551	73,4308	346,635	1,1736	457,9662	0,02672	0,00015	1,8E-05	1,7E-05	3E-05	0,0073	0,1421	0,00847	0,16964	0,1142	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-3	1082,069	412,22563	669,8438	0	412,2256	1494,3	23,8321	94,7041	0,4699	153,0181	0,0079	0,00014	1,2E-05	1,4E-05	3,1E-05	0,00213	0,0346	0,00067	0,05171	0,0333	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-4	1130,953	600,14063	530,8125	0	616,9281	1747,88	26,3387	105,704	0,4947	158,9248	0,00936	9,7E-05	1,1E-05	9,5E-06	1,6E-05	0,00208	0,0685	0,00374	0,0689	0,0352	2,2	22,5
Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-5	1953,958	1255,52	698,4375	0	1258,22	3212,18	68,4963	263,348	1,3025	382,2165	0,01822	0,00042	2E-05	3,4E-05	6,3E-05	0,00432	0,0842	0,0007	0,11551	0,0895	2,2	22,5

б)

Календарный план рудника 01.06.2020- данные технического отдела предприятия - Excel

	Группа Задач	ТипЗадачи	Имя Задачи	ВЕС РУДЫ	СОРТ Б	СОРТ В	СОРТ М	ВЕС ПОРОДЫ	ГОРНАЯ МАССА	Ni баланс, т	Cu баланс, т	Co баланс, т	S баланс, т	Pt баланс, т	Rh баланс, т	Os баланс, т	Ir баланс, т	Ru баланс, т	Au баланс, т	Ag баланс, т	Te баланс, т	Se баланс, т	Pd баланс, т	Потери экспл. по проекту, %	Разубоживание экспл. по проекту, %
2	Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-1	1585	977	608	0	1194	2779	34	160	0,7	314	0,016	0,0002	0,00002	0,00003	0,00006	0,005	0,043	0,001	0,2	0,06	2,2	22,5
3	Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-2	3070	2835	235	0	2875	5945	138	703	2,2	860	0,04	0,0003	0,00003	0,00003	0,00009	0,02	0,25	0,0003	0,3	0,2	2,2	22,5
4	Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-3	2273	250	2023	0	1580	3853	23	34	1	140	0,005	0,0004	0,00004	0,00005	0,0002	0,001	0,02	0,002	0,1	0,02	2,2	22,5
5	Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-4	3193	2130	1063	0	2420	5613	89	415	2	572	0,03	0,0005	0,00004	0,00014	0,00008	0,02	0,2	0,01	0,23	0,13	2,2	22,5
6	Панель 1	Проходка подготовите/	ТШ-5	2567	1814	753	0	1850	4417	66	317	1,3	580	0,033	0,0004	0,00003	0,00004	0,00009	0,006	0,1	0,0007	0,3	0,12	2,2	22,5
7	Панель 1	Отработка камер	КАМ-1	410	293	117	0	437	847	13	18	0,4	79	0,001	0,0002	0,00002	0,00003	0,0001	0,0002	0,01	0,001	0,01	0,005	2,2	22,5
8	Панель 1	Отработка камер	КАМ-2	1432	1356	76	0	1358	2790	62	315	1	400	0,03	0,0001	0,00002	0,00005	0,00003	0,006	0,1	0,02	0,1	0,1	2,2	22,5
9	Панель 1	Отработка камер	КАМ-3	1215	1125	90	0	1160	2375	52	250	0,9	330	0,02	0,00017	0,00001	0,00003	0,00005	0,005	0,1	0,0001	0,1	0,08	2,2	22,5
10	Панель 1	Отработка камер	КАМ-4	849	530	319	0	640	1489	28	125	0,5	176	0,007	0,00011	0,00001	0,00002	0,00002	0,003	0,03	0,001	0,06	0,04	2,2	22,5
11	Панель 1	Отработка камер	КАМ-5	355	174	181	0	237	592	7	12	0,3	50	0,001	0,00013	0,00001	0,00002	0,00008	0,001	0,006	0,0002	0,01	0,003	2,2	22,5
12	Панель 1	Отработка камер	КАМ-6	1692	1249	443	0	1309	3001	60	300	1,1	400	0,05	0,00017	0,00002	0,00006	0,00004	0,01	0,15	0,001	0,2	0,2	2,2	22,5
13	Панель 2	Проходка подготовите/	ТЗ-1	783	443	340	0	570	1353	22	101	0,4	137	0,01	0,00008	7,7188	0,00001	0,00006	0,01	0,05	0,0004	0,05	0,037	2,2	22,5
14	Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-1	1065	933	132	0	932	1997	50	210	0,9	291	0,015	0,00025	0,00001	0,00002	0,0001	0,01	0,08	0,002	0,1	0,07	2,2	22,5
15	Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-2	1754	1637	117	0	1630	3384	70	345	1,2	460	0,03	0,00015	0,00002	0,00002	0,00008	0,005	0,2	0,01	0,2	0,12	2,2	22,5
16	Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-3	1080	413	667	0	410	1490	21	96	0,5	155	0,008	0,00014	0,00001	0,00001	0,00006	0,005	0,1	0,001	0,05	0,04	2,2	22,5
17	Панель 2	Проходка подготовите/	ВШ-4	1132	610	522	0	620	1752	26	105	0,6	160	0,01	0,00009	0,00001	9,375	0,00002	0,002	0,16	0,0045	0,06	0,03	2,2	22,5

Рис. 5. Результаты проверки работоспособности алгоритма автоматизированного процесса актуализации технологических показателей технических проектов разработки месторождений в ГГИС: данные, полученные в результате работы алгоритма (а); данные технического отдела предприятия (б)

Fig. 5. The results of checking the operability of the algorithm of the automated process of updating the technological indicators of technical projects of field development in GGIS: data obtained as a result of the algorithm (a); data of the technical department of the enterprise (b)

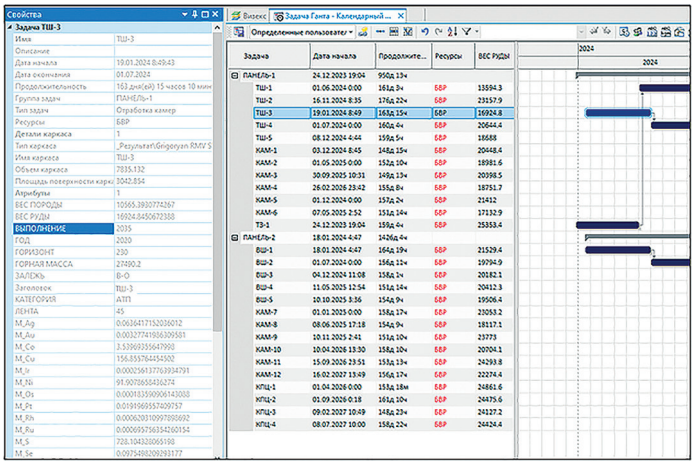


Рис. 6. Календарный план ведения горных работ на основе актуализированных данных по подсчету запасов

Fig. 6. The calendar plan for mining operations based on updated data on the calculation of reserves

проектируемым технологическим единицам и в целом по месторождению. Как видно из рис. 5, данные, полученные из технического отдела предприятия, совпадают с данными работы алгоритма, а расхождение по некоторым показателям не превышает 5%, что свидетельствует об удовлетворительной работе предложенного алгоритма.

На основе полученных новых данных по подсчету запасов спроектированных выемочных единиц был сформирован календарный план ведения горных работ с точностью отработки до одного часа (рис. 6) [21]. Как видно из левой части рис. 6, актуализированные технологические показатели стали основой для календарного плана и были занесены в соответствующие разделы.

Заключение

Таким образом, анализ существующей нормативной базы и практик пересмотра проектной документации на соответствие стратегическому плану предприятия позволил сформировать основные десять этапов актуализации технологических показателей в ГГИС. Предложенный авторами алгоритм автоматизированного процесса актуализации технологических показателей горнодобывающего предприятия в ГГИС с высокой степенью надежности позволяет определить количество полезного ископаемого с распределением его по типам и сортам руд, по категориям запасов (A, B, C), по промышленному значению (балансовые и забалансовые), а также определить качество полезного ископаемого, установить его технологические свойства.

Доказано, что точность полученных актуализированных данных позволяет качественно составлять отчетные материалы и в дальнейшем производить добычу полезного ископаемого со сниженными экономическими рисками на основе календарного плана ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клюев Р. В., Босиков И. И., Майер А. В., Гаврина О. А.* Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-техни-

ческой системы // Устойчивое развитие горных территорий. — 2020. — Т. 12. — № 2. — С. 283—290. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-2-283-290.

2. *Босиков И. И.*, *Клюев Р. В.*, *Хетагуров В. Н.* Анализ и комплексная оценка газодинамических процессов на угольных шахтах с помощью методов теории вероятности и математической статистики // Устойчивое развитие горных территорий. — 2022. — Т. 14. — № 3. — С. 461—467. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-3-461-467.

3. *Баловцев С. В.*, *Скопинцева О. В.*, *Куликова Е. Ю.* Иерархическая структура аэрологических рисков в угольных шахтах // Устойчивое развитие горных территорий. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 276—285. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-276-285.

4. *Джуманбаев В. В.*, *Курманалиев К. З.*, *Мансуров В. А.*, *Бабкин Е. А.* Оптимизация горно-геологических и геолого-экономических показателей горного проекта месторождения Джамгыр // Горный журнал. — 2021. — № 1. — С. 115—119. DOI: 10.17580/gzh.2021.01.20.

5. *Рыльникова М. В.*, *Клебанов Д. А.*, *Князькин Е. А.* Анализ данных как основа повышения эффективности работы горнотранспортного оборудования при ведении открытых горных работ // Горная промышленность. — 2023. — № 1. — С. 52—56. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-1-52-56.

6. *Novak A.*, *Fesenko E.*, *Pavlov Y.* Improvement of technological processes for mining solid mineral resources // Technology Audit and Production Reserves. 2021, vol. 5, no. 1(61), pp. 41—45. DOI: 10.15587/2706-5448.2021.240260.

7. *Каплунов Д. Р.*, *Федотенко В. С.* О сути цифровизации горнотехнических систем / Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: Сборник научых статей 5-й конференции Международной научной школы академика РАН К.Н. Трубецкого. — М., 2022. — С. 9—11.

8. *Клюев Р. В.*, *Босиков И. И.*, *Егорова Е. В.*, *Гаврина О. А.* Оценка горно-геологических и горнотехнических условий карьера «Северный» с помощью математических моделей // Устойчивое развитие горных территорий. — 2020. — № 3. — С. 418—427. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-418-427

9. *Галкина Е. В.* Актуализация геологической документации как фрагмент комплексного подхода к повышению конкурентоспособности горного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S34. — С. 281—284.

10. *Хасцаев Б. Д.*, *Маслаков М. П.*, *Карлов В. В.*, *Олисаева О. В.* Разработка автоматизированных систем управления для горнодобывающих предприятий // Устойчивое развитие горных территорий. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 586—594. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-586-594.

11. *Рыльников А. Г.*, *Пыталев И. А.* Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2020. — № 1. — С. 470—481. DOI: 10.46689/2218-5194-2020-1-1-470-481.

12. *Qia F.*, *Ma Z.* Investigation of the roof presplitting and rock mass filling approach on controlling large deformations and coal bumps in deep high stress roadways // Latin American Journal of Solids and Structures. 2019, vol. 16, no. 4, pp. 1—24.

13. *Копылов А. С.*, Джиоева А. К, *Кондратьев Ю. И.* Комплексный подход к освоению сырьевой базы горнодобывающего регионас применением ресурсовоспроизводящих технологий // Устойчивое развитие горных территорий. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 228—239. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-228-239.

14. *Wang H. H.* Underground mine planning optimization process to improve values and reduce risks / Mining Goes Digital. Proceedings of the 39th International Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM). 2019, pp. 335—343. DOI: 10.1201/9780429320774-39.

15. *Стадник Д. А.*, *Габараев О. З.*, *Стадник Н. М.*, *Григорян К. Л.* Повышение качества цифровых «двойников» горнодобывающих предприятий на базе стандартизации атрибутивного наполнения технологических 3D-моделей в ГГИС // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 11-1. — С. 202—212. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-202-212.

16. *Wang Y., Lu C., Zuo C.* Coal mine safety production forewarning based on improved BP neural network // International Journal of Mining Science and Technology. 2015, vol. 25, no. 2, pp. 319—324. DOI: 10.1016/j.ijmst.2015.02.023.

17. *Noone G.* What does the future hold for automation in the mining industry? // World Mining Frontiers. 2019, vol. 2, pp. 18—21.

18. *Стадник Д. А.*, *Стадник Н. М.*,. Жилин А. Г, *Кожиев З. В.* Основные методические принципы автоматизированной раскройки рудного поля при проектировании в ГГИС // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2021. — № 4. — С. 475—488. DOI: 10.46689/2218-5194-2021-4-1-475-488.

19. *Skrzypkowski K.* Decreasing mining losses for the room and pillar method by replacing the inter-room pillars by the construction of wooden cribs filled with waste rocks // Energies. 2020, vol. 13, no. 14, article 3564. DOI: 10.3390/en13143564.

20. *Gilani S. O.*, *Sattarvand J.*, *Hajihassani M.*, *Abdullah S. S.* A stochastic particle swarm based model for long term production planning of open pit mines considering the geological uncertainty // Resources Policy. 2020, vol. 68, article 3101738. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101738.

21. *Стадник Д. А.*, *Габараев О. З.*, *Стадник Н. М.*, *Тедеев А. М.* Совершенствование методических основ автоматизированного календарного планирования развития горных работ при проектировании подземной отработки рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 11-1. — С. 189—201. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-189-201. ГИАБ

REFERENCES

1. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Mayer A. V., Gavrina O. A. Comprehensive analysis of the effective technologies application to increase sustainable development of the natural-technical system. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020, vol. 12, no. 2, pp. 283—290. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-2-283-290.

2. Bosikov I. I., Klyuev R. V., Khetagurov V. N. Analysis and comprehensive evaluation of gas-dynamic processes in coal mines using the methods of the theory of probability and math statistics analysis. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2022, vol. 14, no. 3, pp. 461—467. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-3-461-467.

3. Balovtsev S. V., Skopintseva O. V., Kulikova E. Yu. Hierarchical structure of aerological risks in coal mines. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2022, vol. 14, no. 2, pp. 276—285. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-276-285.

4. Dzhumanbaev V. V., Kurmanaliev K. Z., Mansurov V. A., Babkin E. A. Optimization of geological and economic-geological evaluation of Dzhamgyr mining project. *Gornyi Zhurnal*. 2021, no. 1, pp. 115—119. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2021.01.20.

5. Rylnikova M. V., Klebanov D. A., Knyazkin E. A. Data analysis as a basis for improving the efficiency of mining equipment when conducting open-pit mining operations. *Russian Mining Industry*. 2023, no. 1, pp. 52—56. [In Russ]. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-1-52-56.

6. Novak A., Fesenko E., Pavlov Y. Improvement of technological processes for mining solid mineral resources. *Technology Audit and Production Reserves*. 2021, vol. 5, no. 1(61), pp. 41—45. DOI: 10.15587/2706-5448.2021.240260.

7. Kaplunov D. R., Fedotenko V. S. On the essence of digitalization of mining systems. *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh nedr: Cbornik nauchykh statey 5-y konferentsii Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly akademika RAN K.N. Trubetskogo*

[Problems and prospects of integrated development and conservation of the Earth's interior: collection of scientific Article 5 of the conference of the International Scientific School of Academician of the Russian Academy of Sciences K. N.Trubetskoy], Moscow, 2022, pp. 9 — 11. [In Russ].

8. Klyuev R. V., Bosikov I. I., Egorova E. V., Gavrina O. A. Assessment of mining-geological and mining conditions of the Severny quarry using mathematical models. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020, no. 3, pp. 418 — 427. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-418-427

9. Galkina E. V. Updating of geological documentation as a fragment of an integrated approach to improving the competitiveness of a mining enterprise. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. S34, pp. 281 — 284. [In Russ].

10. Khastsaev B. D., Maslakov M. P., Karlov V. V., Olisaeva O. V. Development of automated control systems for mining enterprise. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018, vol. 10, no. 4, pp. 586 — 594. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-586-594.

11. Rylnikov A. G., Pytalev I. A. Conditions for ensuring the multifunctional use of subsoil in the interaction of different industries. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2020, no. 1, pp. 470 — 481. [In Russ]. DOI: 10.46689/2218-5194-2020-1-1-470-481.

12. Qia F., Ma Z. Investigation of the roof presplitting and rock mass filling approach on controlling large deformations and coal bumps in deep high stress roadways. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2019, vol. 16, no. 4, pp. 1 — 24.

13. Kopylov A. S., Dzhioeva A. K, Kondratyev Yur. I. An integrated approach to the development of the raw material base of the mining region with the use of resource-reproducing technologies. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2022, vol. 14, no. 2, pp. 228 — 239. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-228-239.

14. Wang H. H. Underground mine planning optimization process to improve values and reduce risks. *Mining Goes Digital. Proceedings of the 39th International Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM)*. 2019, pp. 335 — 343. DOI: 10.1201/9780429320774-39.

15. Stadnik D. A., Gabaraev O. Z., Stadnik N. M., Grigoryan K. L. Digital twin quality improvement for mines through standardization of attribute content for 3D GIS-based geotechnical modeling. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 11-1, pp. 202 — 212. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-202-212.

16. Wang Y., Lu C., Zuo C. Coal mine safety production forewarning based on improved BP neural network. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2015, vol. 25, no. 2, pp. 319 — 324. DOI: 10.1016/j.ijmst.2015.02.023.

17. Noone G. What does the future hold for automation in the mining industry? *World Mining Frontiers*. 2019, vol. 2, pp. 18 — 21.

18. Stadnik D. A., Stadnik N. M.,. Zhilin A. G., Kozhiev Z. V. Basic methodological patterns of ore deposit automated cutting in the design in MGIS. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2021, no. 4, pp. 475 — 488. [In Russ]. DOI: 10.46689/2218-5194-2021-4-1-475-488.

19. Skrzypkowski K. Decreasing mining losses for the room and pillar method by replacing the inter-room pillars by the construction of wooden cribs filled with waste rocks. *Energies*. 2020, vol. 13, no. 14, article 3564. DOI: 10.3390/en13143564.

20. Gilani S. O., Sattarvand J., Hajihassani M., Abdullah S. S. A stochastic particle swarm based model for long term production planning of open pit mines considering the geological uncertainty. *Resources Policy*. 2020, vol. 68, article 3101738. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101738.

21. Stadnik D. A., Gabaraev O. Z., Stadnik N. M., Tedeev A. M. Improvement of methodical framework for autonomous scheduling of mining operations during underground mine design and planning. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 11-1, pp. 189 — 201. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-189-201.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Стадник Денис Анатольевич[1] — д-р техн. наук,
профессор, e-mail: sined777@yandex.ru,
Стадник Нино Мамукаевна[1] — канд. техн. наук,
доцент, e-mail: Kun17@yandex.ru,
Григорян Константин Левонович[1] — аспирант,
e-mail: kostya-grigoryan@mail.ru,
Кожиев Заурбек Валерьевич[1] — аспирант,
e-mail: zaur09091997@mail.ru,
[1] Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет).
Для контактов: Стадник Д.А., e-mail: sined777@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

D.A. Stadnik[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor,
e-mail: sined777@yandex.ru,
N.M. Stadnik[1], Cand. Sci. (Eng.),
Assistant Professor,
e-mail: Kun17@yandex.ru,
K.L. Grigoryan[1], Graduate Student,
e-mail: kostya-grigoryan@mail.ru,
Z.V. Kozhiev[1], Graduate Student,
e-mail: zaur09091997@mail.ru,
[1] North Caucasian Institute of Mining
and Metallurgy (State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Russia.
Corresponding author: D.A. Stadnik, e-mail: sined777@yandex.ru.

Получена редакцией 03.02.2023; получена после рецензии 17.03.2023; принята к печати 10.04.2023.
Received by the editors 03.02.2023; received after the review 17.03.2023; accepted for printing 10.04.2023.