

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПЕРЕДАЧИ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПАРАМЕТРАХ ТЕХНОГЕННОГО ЦИКЛА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю.С. Петров<sup>1</sup>, Е.А. Хадзарагова<sup>1</sup>, А.А. Соколов<sup>1</sup>, Г.Х. Шарипзянова<sup>2</sup>, А.В. Таскин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет), Россия;

<sup>2</sup> Московский политехнический университет, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

**Аннотация:** Рассмотрена проблема улучшения информационного обеспечения системы поддержки принятия решений по техногенным проявлениям функционирования горно-металлургического предприятия, поскольку имеют место следующие недостатки: • малое количество информации о техногенных циклах технологических процессов предприятия; • отсутствие ранжирования по значимости техногенных факторов; • неполное обеспечение режима реального времени при мониторинге техногенной ситуации; • неэффективность использования системы наполнения серверов информацией системы. В соответствии с рассматриваемой проблемой были определены цели и задачи исследования: устранение основных недостатков существующего информационного обеспечения и повышение эффективности информационной системы поддержки принятия решений по техногенным циклам промышленного предприятия. В результате исследований была предложена и проанализирована математическая модель оптимизации распределения поступающих информационных потоков с учетом емкости серверов и возможности обработки информации в режиме реального времени. Была показана хорошая сходимость результатов реализованного авторами компьютерного моделирования с данными фактического мониторинга РОССТАТА. Применение результатов проведенных исследований позволит повысить качество информационного обеспечения систем поддержки принятия решений по техногенным проявлениям функционирования горно-металлургического предприятия, что даст возможность своевременно разрабатывать и внедрять рекомендации по уменьшению вредного влияния техногенных факторов, сопутствующих технологическим процессам предприятия.

**Ключевые слова:** информационная система, математическая модель, анализ информации, обработка информации, промышленный объект, канал информации, поток заявок.

**Для цитирования:** Петров Ю.С., Хадзарагова Е.А., Соколов А.А., Шарипзянова Г.Х., Таскин А.В. Основные принципы получения, передачи и хранения информации о параметрах техногенного цикла горно-металлургического предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 11-1. – С. 178–188. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-178-188.

---

**Благодарность:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 14.575.21.0176 от 26.11.2018 г. Уникальный идентификационный номер RFMEFI57518X0176). Работа выполнена при поддержке Центра коллективного пользования научным оборудованием СКГМИ (ГТУ).

---

## Acquisition, transmission and storage of information on production-induced cycle in mining and metallurgy: Outlines

Yu.S. Petrov<sup>1</sup>, E.A. Khadzaragova<sup>1</sup>, A.A. Sokolov<sup>1</sup>, G.Kh. Sharipzyanova<sup>2</sup>, A.V. Taskin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, Russia;

<sup>2</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

---

**Abstract:** The paper deals with the problem of improving the quality of information support of the decision support system for man-made manifestations of the functioning of a mining and metallurgical enterprise, since there are the following disadvantages: • lack of information about the technogenic cycles of technological processes of the enterprise; • lack of ranking according to the importance of technogenic factors; • incomplete provision of a real-time mode when monitoring a technogenic situation; • ineffectiveness of using the system for filling servers with system information. In accordance with the problem under consideration, the goals and objectives of the study were determined: elimination of the main shortcomings of the existing information support and increasing the efficiency of the information system for decision-making support for the technogenic cycles of an industrial enterprise. As a result of the research, a mathematical model was proposed and analyzed for optimizing the distribution of incoming information flows, taking into account the capacity of servers and the possibility of processing information in real time. A good convergence of the results of the computer simulation implemented by the authors with the actual monitoring data of ROSSTAT was shown. The application of the results of the conducted research will improve the quality of information support of decision support systems for man-made manifestations of the functioning of a mining and metallurgical enterprise, which in turn will allow timely development and implementation of recommendations to reduce the harmful influence of man-made factors accompanying the technological processes of the enterprise.

**Key words:** information system, mathematical model, information analysis, information processing, industrial object, information channel, application flow.

**For citation:** Petrov Yu.S., Khadzaragova E.A., Sokolov A.A., Sharipzyanova G.Kh., Taskin A.V. Acquisition, transmission and storage of information on production-induced cycle in mining and metallurgy: Outlines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(11-1):178-188. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-178-188.

---

### Актуальность и описание проблемы

Горнодобывающая и металлургическая отрасли являются одними из важнейших составляющих в экономике любого государства, так как они выступают драйверами развития машиностроения и строительства. В России согласно данным Торгово-промышленной палаты Российской Федерации они являются вторыми по значимости после нефтегазовой промышленности. Однако функционирование

горно-металлургических предприятий неизбежно сопровождается мощным негативным воздействием на окружающую среду, поскольку все они являются источниками загрязнений атмосферы и водоемов. Кроме того, горно-металлургические предприятия занимают большие производственные площади, а создаваемые в результате их деятельности отвалы и хвостохранилища предполагают существенное отчуждение земель и создают эффект накопленного

экологического ущерба. Концентрация вредных веществ в атмосфере и водной среде, вызываемая функционированием крупных горно-металлургических комплексов (далее ГМК), значительно превышает допустимые нормы.

Несмотря на наличие достаточного количества научно-исследовательских работ, практических разработок и публикаций по информационному обеспечению мониторинга техногенного влияния промышленности на окружающую среду, авторами которых являются зарубежные и российские ученые, не создан единый теоретико-методологический подход к разработке информационного обеспечения (средства сбора, хранения и обработки информации в целях принятия решений по управлению) мониторинга всей совокупности явлений, процессов, факторов техногенного влияния на окружающую среду и социум, сопутствующих технологическим процессам предприятия, объединенных далее общим понятием «техногенный цикл». Причиной этому является наличие следующих недостатков:

- отсутствует полнота информации, адекватно отражающей последовательность этапов экологических воздействий предприятия ГМК на окружающую среду;

- отсутствует ранжирование по важности измеряемых параметров с точки зрения мониторинга техногенного влияния технологических процессов горно-металлургического предприятия;

- существующее информационное обеспечение не позволяет в полной мере обеспечить режим реального времени мониторинга и прогнозирования возможных последствий техногенного влияния технологических процессов на окружающую среду;

- неэффективно реализуется экономия с точки зрения хранения измерительной информации с учетом мощно-

сти серверов системы информационной системы мониторинга техногенного влияния горно-металлургических предприятий [1 – 9].

Все вышеперечисленное не гарантирует полноту и своевременность поступления информации о состоянии техногенного цикла и ее адекватной обработки для прогнозирования экологических последствий. В связи с этим решение проблемы, заключающейся в обеспечении информативности системы мониторинга техногенного цикла горно-металлургического предприятия, является актуальным и подчеркивает ее важное хозяйственное значение для горно-металлургической отрасли Российской Федерации [10 – 14].

Материалы и методы. Основные принципы получения, передачи и хранения информации о параметрах техногенного цикла горно-металлургического предприятия, обеспечивающей режим реального времени мониторинга техногенного цикла и полноту контрольной информации, ее своевременную передачу и хранение для дальнейшего анализа и прогноза возможных экологических последствий, реализуются в следующих этапах. Первоначально на основе проведенного мониторинга информационного обеспечения ряда предприятий ГМК по существующим показателям информационной системы были построены гистограммы, по которым были определены средние значения исследуемых параметров и произведена оценка дисперсии. В результате исследований был установлен нормальный закон распределения значений, и с целью устранения недостатков по надежности обеспечения системы видами техногенной информации в зависимости от временного интервала был разработан метод оптимального наполнения измерительной системы необходимым

объемом информации для последующего анализа и обработки [15 – 22]. Далее была задана целевая функция с соответствующими граничными условиями для эффективной реализации экономии средств с точки зрения хранения измерительной информации, при этом учитывались требования по осуществлению прогноза объема поступающей информации, необходимость расчета емкости хранилища и мощность серверов информационной системы мониторинга техногенного влияния горно-металлургических предприятий:

$$F = \left[ \sum_{i=1}^N \bar{W}_i \cdot \bar{\beta}_i \cdot \bar{\alpha}_i \right] \cdot t$$

$$C_{APXmax} > \max F \quad (1)$$

$$\min F \geq C_{APXmin}$$

где  $B_i$  –  $i$ -я территориальная единица (промышленный объект);  $i$  – номер объекта,  $i = 1, N$ ;  $F$  – среднее приращение системного архива за время  $t$  (час);  $t$  – временной интервал, в течение которого исследуется процесс поступления информации в систему;  $N$  – число объектов;  $W$  – вес заявки (кб);  $\bar{W}_i$  – среднее значение веса заявки из  $i$ -го объекта за время  $t$ ;  $\beta_i$  – число действующих каналов на  $i$ -м объекте;  $\bar{\beta}_i$  – среднее число действующих каналов на  $i$ -м объекте за время  $t$ ;  $k_i \gg \beta_i \geq 0$ ;  $k$  максимальное число каналов на  $i$ -м объекте;  $\bar{\alpha}_i$  – среднее значение числа заявок из  $i$ -го объекта, проходящих по одному действующему каналу за время  $t$  – интенсивность потока заявок;  $C_{APXmax}$  и  $C_{APXmin}$  – необходимый для анализа и обработки информации по техногенным циклам объем данных (максимальное и минимальное значение приращения системного архива за определенный временной интервал  $t$ ).

Процесс наполнения САОИ потоками информации от исследуемых объектов происходит следующим образом с учетом предложенной архитектуры подсистемы получения, передачи и хранения информации о техногенных параметрах техногенного цикла горно-металлургического предприятия: – согласно рис. 1, от  $i$ -го объекта за определенный интервал времени по действующим информационным каналам неограниченной пропускной способности поступают заявки, различного объема, содержащие данные по производственному процессу. Система считается загруженной и способной эффективно осуществлять анализ и управление при росте архива не менее в час. Работа системы определяет следующие требования к характеру изменения целевой функции и вводит ограничения на ее величину:

1) на заданном интервале времени целевая функция стремится к максимуму; чтобы процесс информационного обеспечения не прекращался, каналы, обеспечивающие систему информацией, были загружены, и интенсивность поступления информации была максимальна, но при этом объем информации, поступающий для последующего анализа и обработки, не должен превышать максимально допустимое суточное приращение системного архива;

2) положение п 1. должно быть справедливо для любого канала, вида информации, территориальной единицы в соответствии с рис. 1.

Для решения и анализа оптимизационной модели применялся метод Монте-Карло, результаты расчета которого для частного случая – ОАО «Электроцинк» – по оптимизации наполнения системного архива за определенный интервал времени, представлены в табл. 1. На приведенной ниже

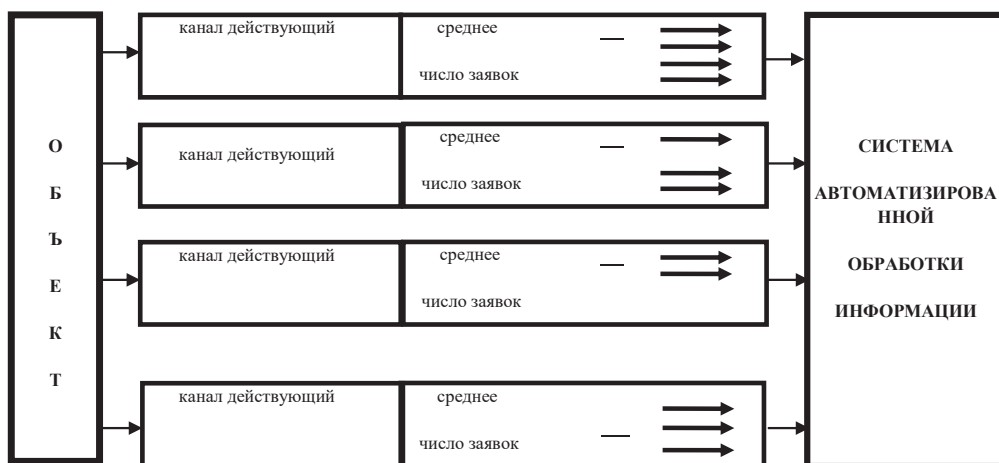


Рис. 1. Принцип получения, передачи и хранения информации о параметрах техногенного цикла горно-металлургического предприятия (в частности от объекта  $i$ )

Fig: 1. The principle of receiving, transferring and storing information about the parameters of the technogenic cycle of a mining and metallurgical enterprise (in particular, from object  $i$ )

Таблица 1

**Результаты расчета методом Монте-Карло наполнения системы информацией из  $i$ -го объекта**

**Results of calculation by Monte Carlo method of system filling with information from  $i$ -th object**

№ п/п	$\bar{W}_i$	$\bar{\beta}_i$	$\bar{\alpha}_i$	$t$	$F$
	От 5 до 15	От 40 до 160	от 1200 до 1000	1 час	кб
1	9,4	74,2	1087,2	1	757 999
2	13,1	79,7	1071,6	1	1 116 197
3	11,2	102,3	1046,0	1	1 193 862

гистограмме (в соответствии с рис. 2) представлена вероятность распределения данных по диапазонам значений с учетом технических требований, при которых минимальный рост объема системного архива в час составляет 400 000 байт, максимальный — не превосходит 2 000 000 байт, а оптимальный находится в пределах от 800 000 до 1 600 000 байт. Работающая по вышеописанной схеме модель позволяет оптимально наполнять систему необходимым объемом информации о технологических и техногенных параметрах, увеличивая информативность анализа

и обработки информации системой, на основании анализа осуществляется поддержка принятия решений при управлении промышленным предприятием или комплексом предприятий в зависимости от поставленных перед САОИ задач.

Изучена корреляционная связь между экспертными оценками результатов анализа теоретических и практических исследований техногенности горно-металлургического предприятия для того, чтобы подтвердить адекватность разработанного метода оценивания техногенного влияния объекта на основе

анализа измерительной информации с учетом экспертного оценивания весомости техногенных факторов.

Для реализации поставленной цели на основе ранее разработанных методологий была осуществлена теоретическая оценка техногенности горно-металлургического предприятия на одиннадцати участках и по результатам анализа проставлены экспертные оценки техногенным участкам в зависимости от набора и весомости учитываемых техногенных параметров, обеспечивающих полноту информации мониторинга техногенного цикла горно-металлургического предприятия.

Далее на тех же участках был осуществлен фактический мониторинг с экспериментальным отбором проб загрязнений твердыми, жидкими и газообразными выбросами. На основании результатов анализа по размерам выбросов с учетом предельно допустимых концентраций вредных веществ были проставлены соответствующие оценки фактическим последствиям техногенности участков. При обработке данных по техногенным загрязнениям участков информационной системой был использован метод оптимального наполнения системы информацией с расчетом требуемой емкости хранилища.

Анализ результатов компьютерного моделирования и данных фактического мониторинга РОССТАТА («Сведения об охране атмосферного воздуха за 2017 и 2016 гг.» от 04.05.2018 №29 – 25/3558-ДР и от 05.05.2017 №ЕЛ-15 – 04/348-ИС соответственно) по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (см. рис. 3 и 4) проиллюстрировал работоспособность информационной системы обеспечения мониторинга техногенного цикла горно-металлургического предприятия и его способность предоставить должный уровень информативности.

Следовательно, предложенные в настоящей работе методы и модели позволяют обеспечить информативность системы информационного обеспечения мониторинга техногенного цикла горно-металлургического предприятия.

### **Обсуждение результатов**

Разработана и исследована структура цифровой подсистемы передачи, хранения и обработки измерительной информации, обеспечивающая режим реального времени при мониторинге техногенного цикла, повышающая информативность его информационного обеспечения за счет возможностей прогнозировать объем поступающей информации и рассчитывать требуемую емкость хранилища. На основании коэффициента корреляции Спирмена установлена прямая связь между теоретическими результатами, полученными по разработанной методике оценивания техногенного влияния объекта с использованием модели подсистемы передачи и хранения информации и результатами оценки фактических последствий техногенности объектов, полученными экспериментальным путем. Разработана архитектура цифровой подсистемы передачи, хранения и обработки измерительной информации для анализа и обработки информации по всем объектам предприятия ГМК, содержащим техногенные циклы, с учетом изменяющихся параметров (числа работающих каналов, числа и веса заявок, различного количества анализируемых объектов), обеспечивающая режим реального времени мониторинга техногенного цикла, который позволяет обеспечить полноту контрольной информации, ее своевременную передачу и хранение для дальнейшего анализа и прогноза возможных экологических последствий.

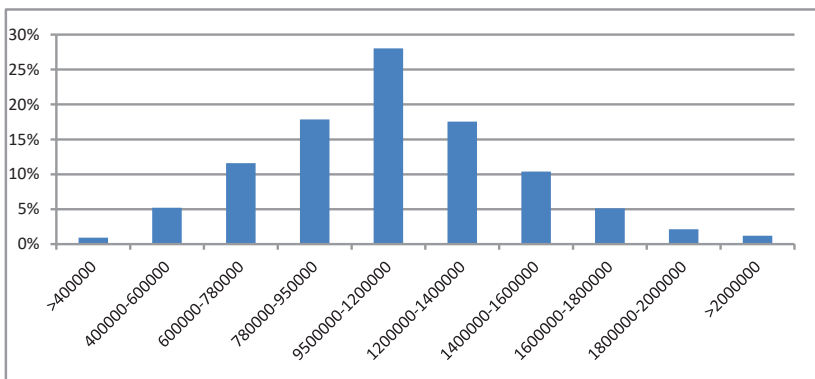


Рис. 2. Гистограмма распределения вероятности числа работающих каналов, необходимых для создания оптимального объема системного архива САОИиn-м объекте  
 Fig. 2. Histogram of probability distribution of number of operating channels required for creation of optimal volume of ECCS system archive at i-th site

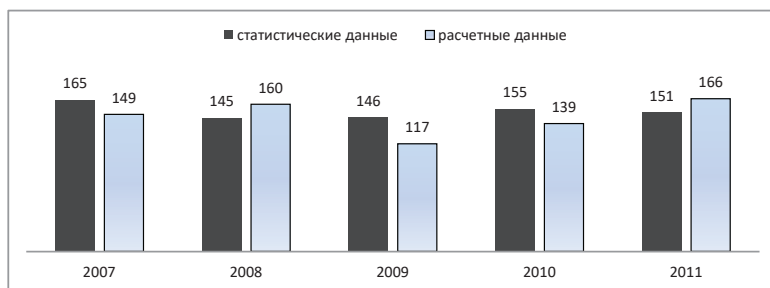


Рис. 3. Статистические и расчетные данные по твердым выбросам (тонн в год)  
 Fig. 3. Statistical and calculated data on solid emissions (tons per year)

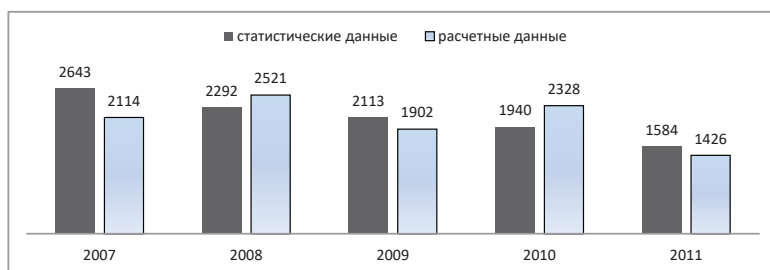


Рис. 4. Статистические и расчетные данные по газообразным выбросам (тонн в год)  
 Fig. 4. Statistical and calculated data on gaseous emissions (tons per year)

## Выводы

Решена научная проблема обеспечения информативности системы информационного обеспечения мониторинга техногенного цикла горно-металлургического предприятия. Основные принципы получения, передачи и хранения инфор-

мации о техногенных параметрах техногенного цикла горно-металлургического предприятия обеспечивают режим реального времени мониторинга техногенного цикла, позволяющий обеспечить полноту контрольной информации, ее своевременную передачу и хранение для даль-

нейшего анализа и прогноза возможных экологических последствий.

### Благодарности

Авторы благодарят д. ф-м.н. главного научного сотрудника, отдела мате-

матического моделирования ЮМИ ВНЦ РАН Каменецкого Евгения Самойловича, за критические замечания и советы по анализу работы математических моделей, высказанные в ходе обсуждения данной работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Doolin B., McLeod L.* Sociomateriality and boundary objects in information systems development // *European Journal of Information Systems.*, 2012, Vol. 21, Issue 5, pp. 570–586.

2. *Fitzgerald B., Hartnett G., Conboy K.* Customising agile methods to software practices at Intel Shannon // *European Journal of Information Systems*, 2006, Vol. 15, Issue 2, pp. 200–213.

3. *Habjan A., Andriopoulos C., Gotsi M.* The role of GPS-enabled information in transforming operational decision making: an exploratory study // *European Journal of Information Systems*, 2014, Vol. 23, Issue 4, pp. 481–502.

4. *Henningsson S.* Learning to acquire: how serial acquirers build organisational knowledge for information systems integration // *European Journal of Information Systems*, 2015, Vol. 24, Issue 2, pp. 121–144.

5. *Матвеев В.А.* Концепция автоматизированного управления калийной флотационной фабрикой // *Горный журнал.* – 2016 – № 4. – С. 84–87.

6. *Гурьяшов И.А., Русаков А.С., Пилипенко Е.С.* Разработка и внедрение системы управления проектными данными в АО «ВНИИ Галургии» // *Горный журнал.* – 2016 – № 4. – С. 88–92.

7. *Серый С.С., Дунаев В.А., Герасимов А.В., Кабелко С.Г.* Геоинформационное обеспечение разработки железорудных месторождений Старооскольского узла бассейна КМА // *Горный журнал.* – 2015 – №9. С. 76–81.

8. *Петров Ю.С., Габараев О.З., Соколов А.А.* Обобщенная оценка влияния горного предприятия на окружающую природную среду // *Горный журнал.* – 2015. – № 8. С. 25–27.

9. *Галачиева С.В., Соколов А.А., Соколова О.А., Махошева С.А.* Система оценки устойчивого развития региональных народнохозяйственных комплексов горных территорий // *Устойчивое развитие горных территорий.* 2018. – №3. – С. 329–335.

10. *Sokolova E.A., Aslanov G.A., Sokolov A.A.* A modern approach to storing of 3D geometry of objects in machine engineering industry. / *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 10th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS, 2017, Vol. 177, Issue 1, № 012036.

11. *Talalaj I.A., Biedka P.* Use of the landfill water pollution index (LWPI) for groundwater quality assessment near the landfill sites // *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, Vol. 23, Issue 24, pp. 24601–24613.

12. *Соколова Е.А.* Компрессия изображений переменными фрагментами // *Вестник компьютерных и информационных технологий.* – 2008. – № 10. – С. 31–34.

13. Патент РФ № 2339082, 03.08.2007. *Гроппен В.О., Проскурин А.Е., Соколова Е.А.* Способ компрессии и декомпрессии статических изображений и видеoinформации в цифровой форме. 2007.

14. *Petrov Yu. S., Sokolov A.A.* Increase of effective management of technological processes of the mountain enterprise on the basis of the analysis of information on technogenic cycles/2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, (ICIEAM), 2016, pp. 1–5.



15. Stanford D.A., Taylor P., Ziedinsl. Waiting time distributions in the accumulating priority queue // *Queueing Systems*, 2014, Vol. 77, Issue 3, pp. 297 – 330.
16. Walkowiak, K. Simultaneous optimization of unicast and anycast flows and replica location in survivable optical networks / K. Walkowiak, J. Rak // *Telecommunication Systems*. 2013. Vol. 52. Issue 2. P. 1043–1055.
17. Yang, R. Optimal resource allocation for multiqueue systems with a shared server pool / R. Yang, S. Bhulai, R. van der Mei // *Queueing Systems*. 2011. Vol. 68. Issue 2. P. 133–163.
18. Ключев 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.
19. Improving the energy efficiency of technological equipment at mining enterprises / R. Klyuev, I. Bosikov, O. Gavrina, M. Madaeva, A. Sokolov // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2021. – V. 1258. – pp. 262–271.
20. Energy indicators of drilling machines and excavators in mountain territories / R. Klyuev, O. Fomenko, O. Gavrina, R. Turluev, S. Marzoev // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2021. – V. 1258. – pp. 272–281.
21. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природно-технической системы / Р.В. Ключев, И.И. Босиков, А.В. Майер, О.А. Гаврина // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2020. – №2. – С. 283–290.
22. Петров Ю.С., Соколов А.А., Раус Е.В. Математическая модель оценки техногенного ущерба от функционирования горных предприятий // *Устойчивое развитие горных территорий*. – 2019. – Т. 11. – № 4. – С. 554–560. **ГИАБ**

## REFERENCES

1. Doolin B., McLeod L. Sociomateriality and boundary objects in information systems development. *European Journal of Information Systems.*, 2012, Vol. 21, Issue 5, pp. 570–586.
2. Fitzgerald B., Hartnett G., Conboy K. Customising agile methods to software practices at Intel Shannon. *European Journal of Information Systems*, 2006, Vol. 15, Issue 2, pp. 200–213.
3. Habjan A., Andriopoulos C., Gotsi M. The role of GPS-enabled information in transforming operational decision making: an exploratory study. *European Journal of Information Systems*, 2014, Vol. 23, Issue 4, pp. 481–502.
4. Henningsson S. Learning to acquire: how serial acquirers build organisational knowledge for information systems integration. *European Journal of Information Systems*, 2015, Vol. 24, Issue 2, pp. 121–144.
5. Matveev V.A. The concept of automated control of potash flotation factory. *Gornyj zhurnal*. 2016 no. 4. pp. 84–87. [In Russ]
6. Gur'yashov I.A., Rusakov A.S., Pilipenko E.S. Development and implementation of a project data management system at VNII Galurgii JSC. *Gornyj zhurnal*. 2016. no. 4. pp. 88–92. [In Russ]
7. Seryj S.S., Dunaev V.A., Gerasimov A.V., Kabelko S.G. Geoinformation support for the development of iron ore deposits of the Starooskolsky site of the KMA basin. *Gornyj zhurnal*. 2015. no.9. pp. 76–81. [In Russ]
8. Petrov Yu.S., Gabaraev O.Z., Sokolov A.A. A generalized assessment of the impact of a mining enterprise on the environment. *Gornyj zhurnal*. 2015. no. 8. pp. 25–27. [In Russ]
9. Galachieva S.V., Sokolov A.A., Sokolova O.A., Mahosheva S.A. System for assessing the development of national economic complexes of mountain territories. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018. no. 3. pp. 329–335. [In Russ]

10. Sokolova E.A., Aslanov G.A., Sokolov A.A. A modern approach to storing of 3D geometry of objects in machine engineering industry. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 10th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS, 2017, Vol. 177, Issue 1, no. 012036.

11. Talalaj I.A., Biedka P. Use of the landfill water pollution index (LWPI) for groundwater quality assessment near the landfill sites. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, Vol. 23, Issue 24, pp. 24601–24613.

12. Sokolova E.A. Compression of images by variable fragments. *Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tekhnologij*. 2008. no. 10. pp. 31–34. [In Russ]

13. *Patent RF no. 2339082*, 03.08.2007. Groppen V.O., Proskurin A.E., Sokolova E.A. Sposob kompressii i dekompressii staticheskikh izobrazhenij i videoinformacii v cifrovoj forme. 2007. [In Russ]

14. Petrov Yu. S., Sokolov A.A. Increase of effective management of technological processes of the mountain enterprise on the basis of the analysis of information on technogenic cycles/2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, (ICIEAM), 2016, pp. 1–5.

15. Stanford D.A., Taylor P., Ziedinsl. Waiting time distributions in the accumulating priority queue. *Queueing Systems*, 2014, Vol. 77, Issue 3, pp. 297–330.

16. Walkowiak, K. Simultaneous optimization of unicast and anycast flows and replica location in survivable optical networks / K. Walkowiak, J. Rak. *Telecommunication Systems*. 2013. Vol. 52. Issue 2. pp. 1043–1055.

17. Yang, R. Optimal resource allocation for multiqueue systems with a shared server pool / R. Yang, S. Bhulai, R. van der Mei. *Queueing Systems*. 2011. Vol. 68. Issue 2. pp. 133–163.

18. Klyuev R.V., Bosikov I.I., Egorova E.V., Gavrina O.A. Assessment of mining-geological and mining technical conditions of the Severny pit with the use of mathematical models. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020, №3, pp. 418–427. [In Russ]

19. Improving the energy efficiency of technological equipment at mining enterprises / R. Klyuev, I. Bosikov, O. Gavrina, M. Madaeva, A. Sokolov. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. V. 1258. pp. 262–271.

20. Energy indicators of drilling machines and excavators in mountain territories / R. Klyuev, O. Fomenko, O. Gavrina, R. Turluev, S. Marzoev. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. V. 1258. pp. 272–281.

21. Klyuev R.V., Bosikov I.I., Majer 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. no.2. pp. 283–290. [In Russ]

22. Petrov Yu.S., Sokolov A.A., Raus E.V. Mathematical model for assessing technological damage from the activities of mining enterprises. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2019. T. 11. no. 4. pp. 554–560. [In Russ]

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Петров Юрий Сергеевич*<sup>1</sup> — докт. техн. наук, профессор, профессор кафедры;

*Хадзарагова Елена Александровна*<sup>1</sup> — докт. техн. наук, профессор, профессор кафедры;

*Соколов Андрей Андреевич*<sup>1</sup> — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры;

*Шарипзянова Гюзель Харьясовна*<sup>2</sup> — канд. техн. наук, доцент кафедры;

*Таскин Андрей Васильевич*<sup>3</sup> — канд. хим. наук, заведующий лабораторией Международного центра технологий обогащения минерального сырья;

<sup>1</sup> Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 362021, Владикавказ, ул. Космонавта Николаева 44, Россия;

<sup>2</sup> Московский политехнический университет, 107023, Москва, ул. Большая Семеновская ул., 38, Россия;

<sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, 690922, Владивосток, Россия.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Petrov Yu.S.*<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor;

*Khadzaragova E.A.*<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor;

*Sokolov A.A.*<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: asklv@mail.ru;

*Sharipzyanova G.Kh.*<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor;

*Taskin A.V.*<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Head of the laboratory;

<sup>1</sup> North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 362021, Vladikavkaz, Russia;

<sup>2</sup> Moscow Polytechnic University, 107023, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Far Eastern Federal University, 690922, Vladivostok, Russia.

**Corresponding author:** A.A.Sokolov, e-mail: asklv@mail.ru.

Получена редакцией 26.05.2020; получена после рецензии 02.07.2020; принята к печати 10.10.2020.

Received by the editors 26.05.2020; received after the review 02.07.2020; accepted for printing 10.10.2020.

