

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И РИСКОМ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК СЛОЖНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

Е.Ю. Куликова
НИТУ «МИСиС»

Аннотация: Оценка риска нацелена на то, чтобы помочь соответствующим структурам, принимающим решения, достигнуть поставленных целей и подобрать адекватные и эффективные средства повышения уровня безопасности в рассматриваемой области. Выходные данные оценки риска являются входными данными для процесса принятия решений. Поэтому роль информационного обеспечения безопасности невозможно переоценить. Особо актуален этот постулат для городского подземного строительства, характеризующегося постоянным изменением горно-геологических и других условий в процессе ведения работ. В этой сфере деятельности необходим постоянный мониторинг информации. Следует систематизировать данные мониторинга оценки риска, а также осуществить регистрацию эффективности методов управления, используемых при анализе риска на всех стадиях жизненного цикла природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда». Подземное строительство всегда характеризуется наличием нескольких альтернативных вариантов для принятия решения, которое бы обеспечивало баланс геотехнического и других видов риска на приемлемом уровне. На стадии проектирования и строительства подземных объектов грамотная подача информации способствует снижению риска геосистемы до приемлемого; повышению экономической эффективности проекта строительства и модернизации технологий; своевременной идентификации опасностей на последующих стадиях жизненного цикла. Выделены две стадии управления геотехническими рисками: формирование концептуальной модели, которая позволяет осуществить прогноз возможности обеспечения приемлемого риска, и организационные меры по обеспечению безопасности. Для управления безопасностью природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» первостепенное значение имеет установление зависимости между командной информацией и информацией о состоянии подземных объектов и внешней среды.

Ключевые слова: риск, безопасность, внешняя среда, концептуальная модель, организационные меры, функциональная зависимость.

Для цитирования: Куликова Е.Ю. Управление безопасностью и риском в подземном строительстве как сложный информационный процесс // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 134–143. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-134-143.

Safety and risk management in underground construction as a complex information process

E.Yu. Kulikova

NUST «MISiS», Moscow, Russia

Abstract: Risk assessment aims to help decision-makers achieve their goals and identify appropriate and effective means to improve the level of safety in the area under consideration. The output of the risk assessment is the input to the decision-making process. Therefore, the role of information safety cannot be overestimated. This postulate is particularly relevant for urban underground construction, which is characterized by a constant change in conditions during the work process. Therefore, in this area of activity, constant monitoring of information is necessary. It is necessary to systematize the monitoring data of risk assessment, as well as the registration of the effectiveness of management methods used in risk analysis at all stages of the life cycle of the natural and technical geosystem “rock mass – technology – underground structure – environment”. Underground construction is always characterized by the presence of several alternative options for making a decision that would ensure a balance of geotechnical and other types of risk at an acceptable level. At the stage of design and construction of underground facilities, competent presentation of information contributes to ensuring the acceptable risk of the geosystem; improvement of the construction project and its economic efficiency; identification of dangerous events on subsequent stages of the life cycle. To manage the safety of the natural and technical geosystem “rock mass – technology – underground structure – environment”, it is of paramount importance to establish a relationship between command information. information about the state of underground facilities and the external environment.

Key words: risk, security, external environment, conceptual model, organizational measures, functional dependence.

For citation: Kulikova E.Yu. Safety and risk management in underground construction as a complex information process. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2–1):134-143. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-134-143.

Введение

Определяющим фактором при управлении безопасностью природно-технической геосистемы «порodный массив – технология – подземное сооружение» является поддержание на необходимом уровне безопасности и риска, приемлемых в социальном, технологическом экономическом и экологическом плане. На всех этапах управления оперируют количественными методами анализа рисков, что дает возможность ранжировать их, прогнозировать текущие и долгосрочные последствия, вырабатывать превентивные меры обеспечения без-

опасности при освоении подземного пространства. Для этих целей требуется грамотная подача и обработки информации о состоянии подземного сооружения (объекта управления), окружающей внешней среды и т. п.

Схема управлению безопасностью

Управление безопасностью – это не только принятие стратегических решений в области минимизации геотехнического риска, но и сложный информационный процесс, осуществляемый с целью сохранения или повышения уровня безопасности подземного объекта, его персонала, отдель-

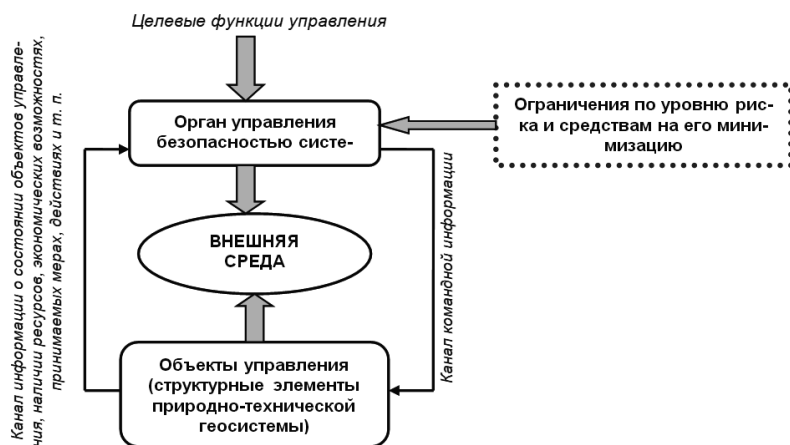


Рис. 1. Контур управления безопасностью социально-экономической системы (СЭС)
 Fig. 1. The outline of the safety management of the socio-economic system (SES)

ных групп населения, использующих этот объект, прилегающих территорий и инфраструктуры при техногенных воздействиях [1, 2].

В процессе обеспечения безопасности формируется контур управления [1], схема которого для социально-экономической системы представлена на рис. 1.

Объекты управления

В рассматриваемой системе объектами управления могут быть подземный объект и находящиеся на земной поверхности здания и сооружения, персонал, население, территории, а также материальные, строительные, финансовые и др. ресурсы, которые задействованы в обеспечении безопасности [2].

Для решения задач по предупреждению нештатных и аварийных ситуаций в зоне расположения подземного сооружения, а также по преобразованию информации о состоянии объектов управления в командную [3] в соответствии с целью, обозначенной в проекте строительства, необходим орган управления.

Орган управления оперирует информацией, учитывающей интересы всех

структур, вовлеченных в строительный процесс на местном, отраслевом и государственном уровне (перманентная информация), отражающей потенциальные опасности при ведении строительных работ, степень безопасности подземных объектов и реальные финансовые затраты, которые строительная организация может выделить на ее обеспечение (информация по объектам управления).

Командная информация включает анализ состояния объектов управления (параметры подземных сооружений, соотнесенные с эколого-технологической безопасностью) и окружающей внешней среды, что, в комплексе, позволяет наметить превентивные инженерные меры по повышению уровня безопасности района ведения работ и прилегающих районов [1–5].

Мера уровня опасности

Мера уровня опасности выражается в виде обобщенного количественного показателя — риска, являющегося произведением вероятности наступления нежелательного (опасного) события на математическое ожидание ущерба. При этом риск, в отличие от опасно-

сти, которая варьируется в зависимости от субъекта воздействия, можно оценить применительно к отдельным элементам природно-технической геосистемы «порodный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» либо ко всей геосистеме в целом. Так, для персонала строительной организации и населения опасность — это вероятность травматизма и несчастных случаев, для подземных объектов — вероятность потенциальных аварий, для района строительства — нежелательные экологические и социально-экономические последствия [1, 6–8].

Исключительно важной представляется информация о состоянии окружающей внешней среды. В ней прописаны требования к ограничению нежелательных экологических и техногенных воздействий, развитию штатных и аварийных процессов в формируемой природно-технической геосистеме «порodный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда». Эти данные накладываются на информацию о состоянии объектов управления и формируют требования к разработке мер по обеспечению безопасности в подземном строительстве. Надо понимать, что для параметров

объектов управления информация не всегда поддается учету, а оформляется в виде отдельного информационного пакета при подготовке и принятии решений [1, 3]. Количественная мера информации о внешней среде выражается через вероятность возникновения опасностей и математическое ожидание ущерба.

Этапы управления безопасностью строительной организации

В общем виде поэтапные действия проектной или строительной организации в системе управления уровнем безопасности на территории, отводимой под освоение подземного пространства, показаны на рис. 2.

Управление безопасностью ведения подземных работ основывается на спектре последовательно выполняемых этапов. Эти этапы характеризуются следующими основными аспектами.

Этап I. Сбор информации. На этом этапе органом управления производится сбор и обработка информации, необходимой для выработки системы мер по обеспечению безопасности конкретного подземного объекта. Эта информация соотносится с общей обстановкой (социальной, экологической и т. п.)



Рис. 2. Поэтапные действия в системе обеспечения безопасности
Rice. 2. Step-by-step actions in the security system

в районе строительства и с теми экономическими мерами, которые будет необходимо предпринять для минимизации комплексного риска. Главным объектом, по отношению к которому орган управления осуществляет сбор и анализ информации, а также назначает меры (организационные, экономические, технологические и др.) по уменьшению вероятности возникновения нештатной или аварийной ситуации, является подземный объект и применяемые для его строительства технологии как источники потенциального риска. Зачастую существует непонимание роли геологоразведочных или других данных со стороны заказчиков и инвесторов строительства, либо у строительной организации присутствуют собственные финансовые интересы, тогда входные данные могут быть искажены. Это служит причиной ошибок при выборе рычагов управления рисками.

Этап II. Выбор механизмов воздействия на уровень риска. Этот этап в основном включает изменение рычагов управления, в том числе и экономического плана (например, замена расчета экологической эффективности принимаемых мер на оценку предотвращенного ущерба для окружающей среды, ограничения на выбросы вместо выплаты за них, перераспределение платежей и т. п.) на более эффективные для конкретной ситуации.

Этап III. Функционирование природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» с учетом механизма воздействия на уровень риска. На этом этапе строительная организация разрабатывает стратегию управления рисками.

Если механизмы управления четко обоснованы и учитывают все факторы окружающей внешней среды, то уро-

вень безопасности и экономическая эффективность проекта строительства повысятся, а отрицательные воздействия на экологическую обстановку в районе строительства прекратятся или по крайней мере стабилизируются. Если же система выбранных рычагов неудачна, то будут зафиксированы превышения установленных норм, отступления от паспорта производства работ, снижение уровня безопасности и др.

Этапы принятия управленческого решения

Временной фактор обработки информации и принятия решения при управлении рисками в подземном строительстве, как и в любой другой деятельности, имеет краеугольное значение. От того, насколько своевременно будет принято это решение, зависит весь ход управления рисками. Поэтому принятие управленческого решения проводится в два этапа.

- I этап — формирование концептуальной модели минимизации опасности и выработка стратегии управления рисками для объектов подземного строительства;
- II этап — выбор организационных мер в системе выработанной стратегии управления рисками.

Разработка концептуальной модели осуществляется на основе предварительного анализа законодательной, нормативно-правовой и научно-методической базы. Затем осуществляется оценка ресурсов (материальных, людских, производственных, финансовых и т. п.), которые будут задействованы в процессе ведения работ, далее прогнозируется текущая и долгосрочная ситуация в районе строительства и подбираются оптимальные направления повышения уровня безопасности. Для выполнения этого этапа привлекают экспертов в сфере комплексного

системного анализа [1, 5] и соответствующие органы управления.

На втором этапе определяются задачи, средства и ресурсы для их выполнения, вырабатывается механизм повышения безопасности объектов подземного строительства и рычаги управления с учетом существования других объектов инфраструктуры города.

Для управления безопасностью природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» первостепенное значение имеет выявление зависимостей между командной информацией и информацией о состоянии подземных объектов и внешней среды [1, 3]:

$$u_k(t + \tau) = \Phi \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{bc}(t) \right], \quad (1)$$

где u_k — командная информация; t_i — момент времени, охватывающий информацию о состоянии объектов управления и внешней среды; τ — время обработки информации, поступающей в орган управления, оценки обстановки и выработки управленческого решения; Φ — функция, описывающая процесс обработки, оценки информации и выработки управленческого решения; n — количество объектов управления; u_{ci} — информация о состоянии объектов управления; u_{bc} — информация о состоянии внешней среды [1, 3].

Для выявления истинного вида функции Φ необходимы расчеты в соответствии с принятой схемой обработки информации [1] и с учетом вариативности расхода ресурсов на каждом иерархическом уровне исследуемой геосистемы, анализ и оценка рисков, а также построение графических зависимостей.

Описанное выражение (1) справедливо для различных вариантов группирования информационных потоков

[3]. Так, математическое описание процесса управления принимает вид (2) в том случае, если исследуемая информация, характерная для группы объектов, при суммации формирует командную информацию [1], [7]:

$$\begin{aligned} u_{k1}(t + \tau_1) &= \Phi_1 \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{bc}(t) \right] \\ u_{k2}(t + \tau_2) &= \Phi_2 \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{bc}(t) \right] \\ u_{k3}(t + \tau_3) &= \Phi_3 \left[\sum_{i=1}^n u_{ci}(t) + u_{bc}(t) \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Функциональные зависимости (1) и (2) справедливы для циклического процесса управления безопасностью, когда оценивается только взаимосвязь информационных потоков. В реальной практике управление безопасностью строится на сохранении баланса в экосистеме и всегда должно сопровождаться мониторингом всех элементов природно-технической геосистемы и имеющихся ресурсов (материальных, людских, производственных, финансовых и т. п.). Поэтому необходима оптимизация функциональных зависимостей $\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_m$ путем введения ограничений.

К сожалению, точно оценить соотношение между затратами финансового, материального и социального плана и количественным уровнем снижения риска при ведении строительных работ достаточно проблематично, поэтому необходим мониторинг, который должен быть выстроен таким образом, чтобы подстраиваться под изменение уровней риска [9–14].

Несмотря на то, что введенные ограничения и условия определяются соответствующими уровнями риска, на этапе принятия организационного решения изменяется количественная мера информации и ее физический

смысл, хотя общий вид функциональной зависимости, описывающей информационные потоки, остается константой.

Заключение

1. В городском подземном строительстве выработка управленческого решения по минимизации риска и обеспечению эколого-технологической и эксплуатационной безопасности должна осуществляться на основе грамотно выстроенной концептуальной модели, включающей комплекс расчетно-аналитических и информационных задач.

2. Эффективность управления возникающими в процессе подземного строительства рисками зависит от правильности подбора и последовательности выполнения таких управленческими функций, как [1, 2, 3, 10, 15, 16]:

- тщательный анализ горно-геологических, социально-экономических, технологических, экологических и др. условий, а также общей ситуации в районе освоения подземного пространства;

- разработка инженерно-технических, социально-экономических, экологических и эксплуатационных решений, направленных на минимизацию риска;

- грамотное планирование всех технологических, организационных, эксплуатационных и др. процессов;

- формирование надежных финансовой поддержки и ресурсного обеспечения;

- осуществление мониторинга достижения поставленных целей, выявление «слабого звена» и выработка мер по его ликвидации и др.

Вышеуказанные функции опираются на процесс получения и/или передачи управленческой информации [1, 14] и образуют единую систему обеспечения комплексной безопасности природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда».

3. Для минимизации риска и управления безопасностью природно-технической геосистемы «породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда» первостепенное значение имеет установление зависимостей между командной информацией и информацией о состоянии подземных объектов и окружающей внешней среды.


4. Исследования в области управления рисками при реализации технологических процессов горного производства имеют существенное прикладное значение для системы подготовки специалистов в этой области, что определяется структурой и содержанием компетентностных моделей будущих специалистов, а также востребованностью специализированной подготовки [17 – 20]. **ПИАБ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В.* Функциональная структура процесса управления в сфере гражданской защиты. — М.: CyberLeninka, 2013. — С. 580 – 601.

2. *Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Дзюбко С.И., Щепкин А.В.* Модели и механизмы управления безопасностью. Серия «Безопасность». — М.: СИНТЕГ, 2001, 160 с.

3. *Байдаков С.Л.* Теория и методология стратегического управления мегаполисом и его территориальными единицами. — Автореферат диссертации на соискание уч. степени д.э.н. — 2010.

4. *Ветошкин А.Г.* Мониторинг и аудит промышленной и экологической безопасности // Изв. Акад. пром. экологии. — 2004. — № 1. — С. 20–25.
5. *Буянов В.П., Кирсанов К.А., Михайлова Л.М.* Рискология (управление рисками). — Уч. пособие для вузов. — 2-е изд. испр. и доп. — М.: Изд-во «Экзамен», 2003. — 384 с.
6. *Клебанов Ф.С.* Общая теория безопасности / В сб.: «15 лет РАЕН. Горно-металлургическая секция (геологоразведка, горное дело, металлургия)». — М.: Интермет Инжиниринг, 2005. — С. 175–186.
7. *Куликова Е.Ю.* Методология выбора экологически безопасных технологий подземного строительства. — М.: Изд-во МГГУ, 2005. — 342 с.
8. *Hebblewhite B.K.* Northparkes findings — the implications for geotechnical professionals in the mining industry // Proceedings of the First Australasian Ground Control in Mining Conference. 2003. Pp. 3–10, University of New South Wales, Sydney.
9. *Hebblewhite B.K.* Management of core geotechnical risks for underground mining projects // Mining Risk Management Conference. 2003. P. 5, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
10. *Mishra R.K.* Geotechnical Risk classification for underground mines / Mishra R.K. and Rinne M. // De Gruyter Open. 2015. No. 60. Pp. 51–60.
11. *Gransberg D.D., Gad G.M., Touran A., Castro-Nova I.* A hybrid project team-expert approach for geotechnical risk assessment on transportation design-build projects // Conference: Transportation Research Board, Washington, January 2018.
12. *Sartain N., Mian J., Peluso D.* Risk assessment in geotechnical engineering practice // Conference: Geo-Risk, 2017.
13. *Баловцев С.В., Шевчук Р.В.* Геомеханический мониторинг шахтных стволов в сложных горно-геологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 8. — С. 77–83. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-77-83.
14. *Баловцев С.В., Ибрагимов Т.М., Баловцев П.В., Хлыбов Е.М.* Комплексный подход в формировании информационной базы данных для процесса управления рисками в горном производстве // Горный информационно-аналитический бюллетень — 2011. — № 57. — С. 102–107.
15. Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines / Mishra R.K., Janiszewski M., Uotinen L.K. T., Szydlowska M., Siren T. and Rinne M. // Procedia Engineer-ing. 2017. No. 191. Pp. 361–368.
16. *Katzenbach R., Leppla S.* Challenging construction projects related to urban tunnels // Geotechnical Engineering. 2014, no 45(3), pp. 71–77.
17. *Петров В.Л.* Федеральное учебно-методическое объединение «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» — новый этап сотрудничества государства, академического сообщества и промышленности // Горный журнал. — 2016. — № 9. — С. 115–119. DOI: 10.17580/gzh.2016.09.23.
18. *Петров В.Л., Крупин Ю.А., Кочетов А.И.* Оценка качества профессиональной подготовки специалистов для горно-металлургического комплекса: новые подходы // Горный журнал. — 2016. — № 12. — С. 94–97. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.19.
19. *Петров В.Л.* Подготовка горных инженеров-обогащителей в российских вузах // Цветные металлы. — 2017. — № 7. — С. 14–19. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.02.
20. *Puchkov L.A., Petrov V.L.* The system of higher mining education in Russia // Eurasian Mining. 2017. No 2. Pp. 57–60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14. 

REFERENCES

1. *Vladimirov V.A., Izmalkov V.I., Izmalkov A.V.* *Funktsional'naya struktura protsessy upravleniya v sfere grazhdanskoj zashchity* [Functional structure of the management process in the field of civil protection]. Moscow: CyberLeninka, 2013, pp. 580–601. [In Russ].

2. Burkov V.N., Gratsiansky E.V., Dziubko S.I., Schchepkin A.V. *Modeli i mekhanizmy upravleniya bezopasnostiu* [Models and mechanisms of safety management]. Series “Safety”. Moscow: SINTEG, 2001, 160 p. [In Russ].
3. Baidakov S.L. *Teoriya i metodologiya strategicheskogo upravleniya megapolisom i yego territorialnymi yedinitami* [Theory and methodology of strategic management of megapolis and its territorial units]. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Economics, 2010. [In Russ].
4. Vetoshkin A.G. *Monitoring i audit promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti* [Monitoring and audit of industrial and environmental safety]. *Izv. Acad. prom. ecology*. 2004. No. 1. pp. 20 – 25 [In Russ].
5. Buyanov V.P., Kirsanov K.A., Mikhailova L.M. *Riskologiya (upravleniye riskami)* [Riskology (risk management)]. 2nd ed. ISPR. I DOP. Moscow: Publishing House “Exam”, 2003, 384 p. [In Russ].
6. Klebanov F.S. *Obstchaya teoriya bezopasnosti* [General theory of safety]. “15 years of the Russian Academy of Sciences”. Mining and metallurgical section (geological exploration, mining, metallurgy). Moscow: Internet Engineering, 2005, pp. 175 – 186. [In Russ].
7. Kulikova E.Yu. *Metodologiya vebora ekologicheskoy bezopasnykh technology podzemnogo stroitelstva* [Methodology for choosing environmentally safe technologies for underground construction]. Moscow: MGGU Publishing House, 2005, 342 p. [In Russ].
8. Hebblewhite B.K. Northparkes findings – the implications for geotechnical professionals in the mining industry. *Proceedings of the First Australasian Ground Control in Mining Conference*. 2003. pp. 3 – 10, University of New South Wales, Sydney.
9. Hebblewhite B.K. Management of core geotechnical risks for underground mining projects. *Mining Risk Management Conference*. 2003. P. 5, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
10. Mishra R.K. and Rinne M. Geotechnical Risk classification for underground mines. *De gruyter open*. 2015. No. 60. pp. 51 – 60.
11. Gransberg D.D., Gad G.M., Touran A., Castro-Nova I. A hybrid project team-expert approach for geotechnical risk assessment on transportation design-build projects. Conference: Transportation Research Board, Washington, January 2018.
12. Sartain N., Mian J., Peluso D. Risk assessment in geotechnical engineering practice. Conference: Geo-Risk, 2017.
13. Balovtsev S.V., Shevchuk R.V. Geomechanical monitoring of mine shafts in difficult ground conditions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 8, pp. 77 – 83. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-77-83. [In Russ].
14. Balovtsev S.V., Ibragimov T.M., Balovtsev P.V., Khlybov E.M. An integrated approach to the formation of an information database for the risk management process in mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011, no 57, pp. 102 – 107. [In Russ].
15. Mishra R.K., Janiszewski M., Uotinen L.K. T., Szydłowska M., Siren T. and Rinne M. Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines. *Procedia Engineering*. 2017. No. 191. Pp. 361 – 368.
16. Katzenbach R., Leppla S. Challenging construction projects related to urban tunnels. *Geotechnical Engineering*. 2014, no 45(3), pp. 71 – 77.
17. Petrov V.L. Federal training and guideline association on applied geology, mining, oil and gas production and geodesy – A new stage of government, academic community and industry cooperation. *Gornyi Zhurnal*. 2016, no 9, pp. 115 – 119. DOI: 10.17580/gzh.2016.09.23. [In Russ].
18. Petrov V.L., Krupin Yu. A., Kochetov A.I. Evaluation of professional education quality in mining and metallurgy: New approaches. *Gornyi Zhurnal*. 2016, no 12, pp. 94 – 97. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.19. [In Russ].

19. Petrov V.L. Training of mineral dressing engineers at Russian Universities. *Tsvetnye Metally*. 2017, no 7, pp. 14–19. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.02. [In Russ].

20. Puchkov L.A., Petrov V.L. The system of higher mining education in Russia. *Eurasian Mining*. 2017. No 2. Pp. 57–60. DOI: 10.17580/em.2017.02.14.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Куликова Е.Ю. — доктор технических наук, профессор, кафедра «Безопасность и экология горного производства», fragrante@mail.ru, НИТУ «МИСиС».

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kulikova E.Yu., Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department “Safety and Ecology of Mining Production”, fragrante@mail.ru, NUST «MISIS», Moscow, Russia.

Получена редакцией 25.12.2020; получена после рецензии 15.01.2021; принята к печати 01.02.2021.

Received by the editors 25.12.2020; received after the review 15.01.2021; accepted for printing 01.02.2021.

