ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(2—1):164-173
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 69.035.4 DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-164-173

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСА BIG DATA

Е.В. Потапова
НИТУ «МИСиС»

Аннотация: Управление рисками — это важный аспект деятельности современного предприятия. Строительство метрополитенов не является исключением. От степени эффективности управления рисками зависит безопасность сооружения подземного объекта, сохранность окружающей застройки и подземных коммуникаций, сохранение первоначальной стоимости проекта, соблюдение сроков строительства. Информационные технологии предлагают многочисленные решения для совершенствования анализа рисков на всех этапах. Одним из таких решений является использование информационного ресурса Big Data («больших данных») при получении и обработке информации для оценки рисков. В статье проанализирована роль информационного ресурса в процессе управления рисками. Рассмотрены возможности использования ресурса Big Data и информационных технологий для эффективного управления рисками в подземном строительстве. Предложены схема анализа и методика оценки геотехнических рисков с использованием ресурса Big Data для получения статистической информации. Раскрывается проблема получения статистической информации о проявлении геотехнических рисков. Предложена схема использования «больших данных» источников IoT для анализа рисков при проходке перегонного тоннеля метрополитена механизированным тоннелепроходческим комплексом (ТПМК). Проведенные исследования имеют широкое прикладное значение, в том числе и для подготовки специалистов в области городского подземного строительства.

Ключевые слова: информация, геотехнические риски, управление рисками, оценка риска, архив рисков, статистический риск, «большие данные», Big Data.

Для цитирования: *Автор* Методика оценки геотехнических рисков для объектов метрополитена с использованием ресурса Big Data // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 2—1. — С. 164–173. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-164-173.

Methodology for assessing geotechnical risks for metro facilities using the Big Data resource

E.V. Potapova
NUST «MISiS», Moscow, Russia

Abstract: Risk management is an important aspect of the company's operations. Metro construction is no exception. Effectiveness degree of risk management depends on safety of underground facility, safety of surrounding buildings and underground utilities, saving the initial cost of the project, compliance with construction deadlines. Modern technologies offer numerous tools and solutions to improve risk analysis at all stages. One of these solutions is

© Е.В. Потапова. 2021

using Big Data information resource. The article analyzes the role of an information resource in the risk management. BigData possibilities and modern information technologies for effective risk management in underground construction are considered. A scheme of analysis and a method for assessing geotechnical risks with using BigData resource for obtaining statistical information are proposed. The problem of obtaining statistical information about the manifestation of geotechnical risks is revealed. BigData and a traditional database (archive) is compared. Modern tools for working with BigData are considered.

Key words: information, geotechnical risks, risk control, risk archive, risk assessment, statistical risk, Big Data.

For citation: Potapova E.V. Methodology for assessing geotechnical risks for metro facilities using the big data resource. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2—1):164-173. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-164-173.

Введение

Человеческая деятельность связана с риском. Утверждение, сформулированное на ранних этапах развития общества в качестве философского понятия, трансформировалось в науку, ориентированную на анализ, прогнозирование и планирование рисков. Усложнение технологий производства, увеличение объема потребляемых ресурсов, расширение среды обитания человека ведут к росту разнообразия рисков (качественная составляющая роста) и ущерба от их проявления (количественная составляющая роста). Для управления рисками был создан риск-менеджмент [1] с его методами и инструментами, а также утверждением об отсутствии безрисковых видов деятельности (риск-ориентированный подход [2, 3] и риск-ориентированное мышление [4, 5]). Управление рисками необходимо для обеспечения безопасности, рентабельности, конкурентоспособности и непрерывного развития предприятия [6—10]. Подземное строительство и, в частности, строительство метрополитенов, не являются исключением. В настоящий момент риск-менеджмент в этой области строительства не достигает общемировых стандартов из-за ряда проблем, требующих решения [11]. Для всестороннего анализа рисков важно правильно их идентифицировать, а также достоверно оценивать возможность проявления отдельных рисковых ситуаций в конкретной точке реализации проекта строительства. Одним из актуальных вопросов риск-менеджмента является подход к информационной составляющей процесса оценки рисков с точки зрения источников информации, методик сбора, архивации и анализа данных.

Роль информации при управлении рисками в подземном строительстве

Информация обеспечивает процесс управления рисками необходимыми данными. Теоретически, чем больше информации, тем точнее оценка риска. В процессе эволюции теории риска информация стала звеном для перехода от неопределенности к определенности, от неисчисляемого риска к исчисляемому. Знаковая модель [12]

$$С \rightarrow П \rightarrow О_1 \rightarrow Р_и \rightarrow П_з \rightarrow И \rightarrow Р_и \rightarrow У,$$

где С — субъект деятельности, П — предприниматель, $О_1$ — ожидание результата, $Р_н$ — неисчисляемый риск, $П_з$ — риск предпринимателя (заемщика), И — информация, $Р_и$ — исчисляемый риск, У — процесс управления риском, показывает, что информация обеспечивает возможность вычисления рисков и процесс управления ими.

Отсутствие информации, доступа к ней или отсутствие правильно обработанной информации ведут к возрастанию степени неопределенности и ухудшению качества работы с рисками в целом. По мнению Дж. Акерлофа [13] недостаток информации и ее несовершенство (асимметричность) могут стать причиной коллапса в целых сегментах рынка. Проблема отбора в условиях информационного дефицита может считаться универсальной с точки зрения ее влияния на оценку рисков, в том числе в строительной геотехнологии, так как процесс идентификации геотехнических рисков на стадии качественного анализа и процесс ранжирования — это по сути своей и есть отбор.

Г. Марковиц [14] указывает, что процесс формировании портфеля ценных бумаг состоит из двух этапов, первый из которых основывается на наблюдениях и опыте. Таким образом, первый этап невозможен без информации, полученной из ретроспективы и целенаправленного изучения объекта.

В статье А.И. Кривцова [15] информация определяется в качестве ведущего ресурса анализа рисков. Автор приводит ряд требований к качеству данного ресурса: своевременность, достоверность, достаточность, объективность, сопоставимость и эффективность. Можно сделать вывод, что информация для риск-менеджмента является важнейшей составляющей. От ее качества будет зависеть эффективность анализа рисков и результат управления.

В последнее время инновационные решения и цифровизация нашли применение во всех сферах материального производства. Но если в большинстве отраслей это вспомогательные процессы к основному производству, то в индустрии информации наблюдается переход на совершенно новый уровень — «индустрия 4.0» [16—19]. Это касается как объемов обрабатываемой информации («большие данные» — Big Data), так и инструментов для поиска, обработки и хранения полученных данных. Игнорировать подобные изменения в сфере, поставляющей необходимый ресурс для риск-менеджмента, и сохранять неизменными подходы к работе с информацией при строительстве подземных объектов и анализе геотехнических рисков, нельзя. С позиции выгод и перспектив необходим анализ возможностей использования технологий Big Data в управлении рисками при строительстве объектов метрополитена.

Применение Big Data в управлении геотехническими рисками при строительстве объектов метрополитена

Термин Big Data характеризует данные, размер которых значительно превосходит обычные базы данных, и которые определятся правилом пяти V: Volume — объем, Variety — разнообразие, Velocity — скорость, Value — ценность [20], Veracity — достоверность. Основной критерий — это объем, создающий серьезные затруднения или невозможность обработки в традиционных системах управления базами банных. Отправной точкой возникновения концепции считается объем 1 PB ($1 \cdot 10^{15}$байт) [21]. Сюда относится вся информация, производимая в мире: внутренняя (государственные архивы, аналитика организаций, базы институтов и библиотек и т. д.), и внешняя (Интернет и мобильные технологии). Объемы информации постоянно растут. К 2024 г. на каждого жителя Земли будет приходиться 5200 ГБ данных [22].

В настоящее время технологии и инструменты для Big Data, позво-

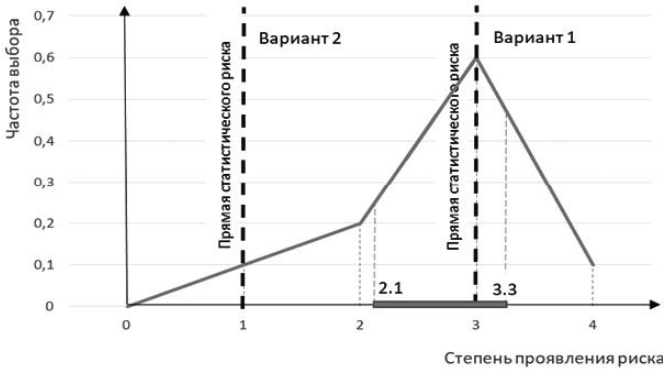
* Пример цикла обработки Big Data и инструментов Oracle Big Data Appliance

Рис. 1. Концептуальная схема анализа геотехнических рисков с позиции использования информационного ресурса

Fig. 1. Conceptual scheme of geotechnical risk analysis from the point of view of using an information resource

ляют аккумулировать, хранить, обрабатывать, анализировать структурированные и неструктурированные данные, а также применять результаты анализа в различных областях, некоторые из которых являются поставщиками Big Data. Это сфера финансовых услуг, банкинг, страхование, промышленность, охрана правопорядка, здравоохранение, логистика, информационные технологии, промышленность, освоение подземного пространства и многое другое. Возможности Big Data используются при оценке финансовых [23], банковских [24] и страховых рисков [25]. Логично возникает предположение о применении этого потенциала при анализе рисков в строительстве и строительной геотехнологии с позиции получения информационного ресурса. Рассмотрим концептуальную схему анализа риска с точки зрения роли информации и источников ее получения (рис. 1).

На схеме видно, что этап оценки рисков (блок 3) предполагает сопоставление результатов экспертной оценки (блок 1) и статистических данных (блок 2). Данный подход позволит производить оценку геотехнических рисков с большей степенью достоверности, чем при использовании только метода экспертной оценки. Отличительной чертой является именно характер использования информационного ресурса в широком спектре возможностей (внутренняя и внешняя информация, архив рисков и данные Big Data). Даже тщательно обработанные и согласованные результаты оценки опытных экспертов будут заключать в себе фактор субъективности, зависящий от образования, опыта, интуиции и навыков предиктивного анализа кон-



Ранжирование риска

№ п/п	Вероятность наступления рисковой ситуации	Степень проявления риска
1	вероятность отсутствует	0
2	низкая вероятность	1
3	средняя вероятность	2
4	высокая вероятность	3
5	экстремальная вероятность	4

Рис. 2. Результаты оценки геотехнического риска
Fig. 2. Results of geotechnical risk assessment

кретного эксперта. Увеличение численности экспертной группы не снизит субъективность, так как каждый новый эксперт будет обладать собственным компетентностным набором и суждениями по конкретному риску. По этой причине возникает предположение о необходимости сравнения мнения экспертов с реальными данными о проявлении рисковой ситуации.

Методика оценки рисков с помощью Big Data

Кратко рассмотрим методику оценки рисков с подобным сопоставлением на примере рисковой ситуации, связанной со смещением колец блочной кольцевой обделки в вертикальном направлении и образованием уступов при проходке перегонного тоннеля метрополитена с применением механизированного тоннелепроходческого комплекса (ТПМК) [26]. Число экспертов установим 10 человек. Ранжирование риска по степени его проявления принимается в соответствии с вероятностью наступления рисковой ситуации — от 0 до 4 (рис. 2). На рис. 2 показаны результаты экспертной оценки, обработанные с использованием методов математической статистики. Интервальная оценка результатов b в соответствии с формулой (1) находится в границах от 2,1 до 3,3:

$$\widehat{m}_X - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t_{\frac{1}{\alpha}} \le b \le \widehat{m}_X + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t_{\frac{1}{\alpha}}, \quad (1)$$

где $\widehat{m}_X$ — выборочное среднее, $\widehat{m}_X = 2{,}7$, σ — среднее квадратическое отклонение, $\sigma = 0{,}85$, $t_{1/\alpha}$ — квантиль распределения Стьюдента, $t_{1/\alpha} = 2{,}26$, n — численность экспертной группы, $n = 10$.

Вероятность наступления рисковой ситуации определена выше средней, но ниже экстремальной. Полученный

полигон частот показывает, что эксперты выбрали 3-ю степень проявления риска, соответствующую высокой вероятности смещения обделки и появления уступов.

Далее необходимо сравнить полученные результаты работы экспертной группы с совокупными статистическими данными: а) внутренних источников (архив рисков), б) внешних источников (анализ «больших данных»). Результат статистики предлагается представлять в виде значения (вертикальная прямая статистического риска) (рис. 2), показывающего степень проявления риска и полученного из расчета количества возникновений аналогичной рисковой ситуации в заданный временной период. В зависимости от взаимного расположения прямой и интервальной оценки b возможны различные варианты интерпретации результатов и дальнейших действий по анализу риска. Рассмотрим два варианта. Вариант 1: мнения экспертов совпали с реальной статистикой. Оценка риска на данном этапе может считаться выполненной. Вариант 2: мнения экспертов не совпали с реальной статистикой. В этом случае нельзя переходить к следующему этапу анализа. Необходимо более тщательно проанализировать, почему эксперты на данном проекте проходки тоннеля посчитали вероятность риска выше статистической. Это важно, так как назначение более высокого уровня вероятности повлечет изменения мероприятий по воздействию на риск в направлении их усложнения и удорожания.

Из рис. 1 видно, что статистическая информация (блок 2) разделяется еще на два блока — блок 2.1 «Данные архива рисков» и блок 2.2 «Данные *BigData и IOT*». Информационный ресурс заключает в себе качественную составляющую (идентификация рисков, их причин и последствий) и количественную (количество проявлений, степень риска, размер ущерба). Поэтому наличие ретроспективных данных в виде архивов (отсутствующие в настоящий момент у подавляющего большинства строительных организаций), крайне важно. В архиве данные о рисковых ситуациях будут достоверны, подробны, сохранны, обработаны. С его помощью можно будет спрогнозировать тот или иной риск, рассмотреть рискообразующие факторы, увидеть степень эффективности мероприятий, рассчитать размер возможного ущерба. Такой комплексный подход с учетом данных экспертной оценки и статистики позволит более взвешенно принимать управленческие решения и подбирать мероприятия по воздействию на риски. Преимущества ведения архива рисков для целей оценки достаточно очевидны. К недостаткам даже самого подробного архива стоит отнести ограниченность информационных источников. В большинстве случаев данные о рисковых ситуациях будут накапливаться в конкретной строительной организации. Реже можно рассчитывать на совместный архив в границах одного региона. В итоге стандартный архив будет представлять собой закрытую систему с повторением рискообразующих факторов, управленческих решений, приемов аналитической обработки и т. д. Внутренние архивы рисков, несомненно, выполняя важную роль в повышении точности оценки, не могут охватить более широкий и глобальный спектр информации. В условиях повсеместной цифровизации подобное сужение границ поиска важного ресурса для оценки рисков является нерациональным.

Заключение

Информация является важнейшей составляющей анализа рисков на всех этапах, начиная от качественной идентификации рисков и их причин, и заканчивая количественными дан-

ными статистики. Результаты оценки ложатся в основу принятия решений по управлению рисками. Необходимо максимально правильно прогнозировать степень проявления рисковой ситуации. В статье рассмотрены возможности ресурса Big Data для применения в качестве источника статистической информации о рисках. В предложенной методике, основанной на сопоставлении экспертных оценок и статистической информации, используются данные архива рисков в комплексе с Big Data для расширения информационной базы о проявлении рисков. Современные технологии сбора, обработки и анализа глобальных объемов разнообразной информации позволят более достоверно прогнозировать риски при строительстве метрополитенов с целью предотвращения аварий и инцидентов, а также минимизации последствий. Исследования в сфере обеспечения рискобезопасности метростроения и изыскания методов управления рисками при реализации технологических процессов строительства объектов метрополитена имеют существенное прикладное значение при подготовке специалистов в этой области [27 — 30].

Благодарности

Автор выражает благодарность своему научному руководителю проф., д.т.н. Куликовой Е.Ю. за помощь в проведении исследования и рекомендации при подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dionne G.* Risk Management: History, definition and critique // Risk Management and Insurance Review, 2013, 16(2), pp. 147 — 166.

2. *Статинов В.В.*, *Серых И.Р.*, *Чернышева Е.В.*, *Дегтярь А.Н.* Риск-ориентированный подход в области промышленной безопасности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2018. — № 12. — С. 67 — 72.

3. *Магомедов Ш.М.*, *Каратаев М.В.* Концепция риск-ориентированного подхода в системе финансового мониторинга // Вестник МФЮА. — 2019. — № 4. — С. 67 — 76.

4. *Мерзликина Н.В.*, *Секацкий В.С.*, *Полещук К.О.*, *Дедух Л.Д.*, *Осколкова К.О.* Квалиграмма как инструмент описания процессов с учетом цикла PDCA и риск-ориентированного мышления // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 11(65). — Ч.4. — С. 55 — 58.

5. *Кожевникова В.Д.* Интеграция риск-ориентированного управления в деятельность компании // Вестник Алтайской Академии экономики и права. — 2019. — № 4. — С. 201 — 206.

6. *Kulikova E.* Yu., *Balovtsev S.V.* Risk control system for the construction of urban underground structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 962(4), 042020. https://doi.org/10.1088/1757 — 899X/962/4/042020.

7. *Куликова Е.Ю.* Оценка экологичности полимерных материалов в подземном строительстве // Экология и промышленность России. — Т.20. — № 3. — 2016. — С. 28 — 31.

8. *Rybak J.*, *Ivannikov A.*, *Kulikova E.*, *Żyrek T.* Deep excavation in urban areas — defects of surrounding buildings at various stages of construction // MATEC Web Conf. Vol.146, 2018. https://doi.org/10.1051/matecconf/20181460201.

9. *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.

10. *Скопинцева О.В.*, *Баловцев С.В.* Управление аэрологическими рисками угольных шахт на основе статистических данных системы аэрогазового контроля // Гор-

ный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 1. — С. 78—89. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-78-89.

11. *Потапова Е.В.* Общие проблемы управления геотехническими рисками на примере строительства вертикальных стволов метрополитена в городе Москве // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 10. — С. 44—54. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-44-54.

12. *Нехамкин А.Н.*, *Кокунова Д.В.* Эволюция теории риска // Вестник Брянского государственного университета. — 2010. — № 3. — С. 36—43.

13. *George A.* Akerlof . The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism // The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84. No. 3 (Aug., 1970), pp. 488—500.

14. *Markowitz H.* Portfolio selection // The Journal of Finance, 1952, Vol. 7. No. 1, pp. 77—91.

15. *Кривцов А.И.* Информационное обеспечение анализа рисков // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. 2014. № 6. — Режим доступа — URL: https://science-education.ru /pdf/2014/6/453.pdf (дата обращения: 10.06.2020).

16. *Юдина М.А.* Индустрия 4. 0: перспективы и вызовы для общества // Государственное управление. Электронный вестник. — 2017. — № 60. — С. 197—215.

17. *Белова Л.Г.*, *Вихорева О.М.*, *Карловская С.Б.* Индустрия 4.0: возможности и вызовы для мировой экономики // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. — 2018. — № 3. — С. 167—183.

18. Xu. L.D., Xu, E.L., Li, L. Industry 4.0: State of the art and future trends. International Journal of Production Research. 2018, no 56, pp. 2941—2962.

19. Cruz-*Jesus F.*, *Oliveira T.*, *Bacao F.* The global digital divide: Evidence and Drivers // Journal of Global Information Management. 2018, no 26, pp.1—26.

20. *Дмитриев А.С.* BigData, 4V: volume, variety, velocity, veracity // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. — 2015. — № 2(126). — С. 156—159.

21. *Сухобоков А.А.*, *Лахвич Д.С.* Влияние инструментария Big Data на развитие научных дисциплин, связанных с моделированием // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Баумана. — 2015. — № 3. — С. 207—240.

22. *Магеррамов З.Т.*, *Абдулаев В.Г.*, *Магеррамова А.З.* Big Data: проблемы, методы анализа, алгоритмы // Радиоэлектроника и информатика. — 2017. — № 3. — С. 42—51.

23. *Cerchiello P.*, *Giudici P.* Big data analysis for financial risk management // Journal of Big Data: электронный научный журнал. Vol. 18, 2016. — Режим доступа — URL: https://journalofbigdata. springeropen. com/articles/10.1186/s40537—016—0053—4 (дата обращения: 10.06.2020).

24. *Гобарева Я.Л.*, *Городецкая О.Ю.*, *Николаенкова М.С.* Big Data: большой потенциал управления рисками // Транспортное дело России. — № 1. — 2016. — С. 21—24.

25. *Рудская Е.Н. Десятниченко Л.В.* Роль Big Data в управлении рисками: развитие «умного страхования» // Вектор экономики: электронный журнал. — 2017. — № 6. — Режим доступа — URL: http://www.vectoreconomy. ru/images/publications/2017/6/economicsmanagement/Rudskaia_Desyatnichenko.pdf (дата обращения: 10.06.2020).

26. *Мазеин С.В.*, *Потапова Е.В.* Исследование смещений блочной обделки при щитовой проходке автодорожного тоннеля // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2019. — № 4(90). — С. 33—36.

27. *Петров В.Л.* Подготовка горных инженеров-обогатителей в российских вузах // Цветные металлы. — 2017. — № 7. — С. 14—19. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.02.

28. *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.

29. *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.

30. *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. ГИАБ

REFERENCES

1. Dionne G. Risk Management: History, definition and critique. Risk Management and Insurance Review, 2013, 16(2), pp. 147—166.

2. Statinov V.V., Serykh I.R., Chernysheva E.V., Degtyar A.N. Risk-oriented approach in the field of industrial safety]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova,* 2018, no. 12, pp. 67—72. [In Russ]

3. Magomedov sh. M., Karataev M.V. The concept of risk-oriented approach in the financial monitoring system. *Vestnik MFUA*. 2019, no. 4, pp. 67—76. [In Russ]

4. Merzlikina N.V., Sekatsky V.S., Poleshchuk K.O., Dedukh L.D. Qualigram as a tool for describing processes taking into account the PDCA cycle and risk-oriented thinking. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2017, no. 11(65), vol. 4, pp. 55—58. [In Russ]

5. Kozhevnikova V.D. Integration of risk-oriented management in the company's activities. *Vestnik Altayskoy Akademii ekonomiki i prava*. 2019, no. 4, pp. 201—206. [In Russ]

6. Kulikova E. Yu., Balovtsev S.V. Risk control system for the construction of urban underground structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 962(4), 042020. https://doi.org/10.1088/1757—899X/962/4/042020.

7. Kulikova E. Yu. Assessment of polymer materials environmental compatibility in underground development. *Ecology and Industry of Russia*. 2016. Vol. 20. Iss. 3. Pp. 28—31. DOI: 10.18412/1816—0395—2016—3-28—31. [In Russ].

8. Rybak J., Ivannikov A., Kulikova E., Żyrek T. Deep excavation in urban areas — defects of surrounding buildings at various stages of construction. MATEC Web Conf. Vol. 146, 2018. https://doi.org/10.1051/matecconf/20181460201.

9. 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].

10. Skopintseva O. V., Balovtsev S. V. Air quality control in coal mines based on gas monitoring statistics. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):78-89. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-78-89..

11. Potapova E.V. General problems of geotechnical risk management in terms of construction of vertical shafts in the Moscow subway. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(10):44—54. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-44-54.

12. Nehamkin A.N., Kokunova D.V. Evolution of risk theory. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010, no. 3, pp. 36—43. [In Russ]

13. George A. Akerlof . The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism. The Quarterly Journal of Economics. Vol. 84. no. 3 (Aug., 1970), pp. 488—500.

14. Markowitz H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 1952. Vol. 7. no. 1, pp. 77—91.

15. Krivtsov A.I. *Informatsionnoye obespecheniye analiza riskov. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya: elektronnyy nauchnyy zhurnal* [Information support of risk analysis. Modern problems of science and education: electronic science journal]. 2014, no. 6. Access mode — URL: https://science-education.ru /pdf/2014/6/453.pdf (request date: 10.06.2020). [In Russ]

16. Yudina M.A. Industriya 4. 0: perspektivy i vyzovy dlya obshchestva. Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik [Industry 4.0: Opportunities and Challenges. Public administration. Electronic bulletin]. 2017, no. 60, pp. 197—215. [In Russ]

17. Belova L.G., Vihoreva O.M., Karlovskaya S.B. Industry 4.0: opportunities and challenges for the world economy. *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Series 6. Economics]. 2018, no. 3, pp. 167 — 183. [In Russ]

18. Xu. L.D., Xu, E.L., Li, L. Industry 4.0: State of the art and future trends. International. *Journal of Production Research*. 2018. no. 56, pp. 2941 — 2962.

19. Cruz-Jesus F., Oliveira T., Bacao F. The global digital divide: Evidence and Drivers. *Journal of Global Information Management*. 2018, no. 26, pp.1 — 26.

20. Dmitriev A.S. *BigData, 4V: volume, variety, velocity, veracity. Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny* [BigData, 4V: volume, variety, velocity, veracity. Monitoring public opinion: economic and social changes]. 2015, no. 2(126), pp. 156 — 159. [In Russ]

21. Sukhobokov A.A. Lakhvich D.S. Influence of Big Data tools on the development of scientific disciplines related to modeling. *Nauka i obrazovaniye: nauchnoye izdaniye MGTU im. Baumana*. 2015, no. 3, pp. 207 — 240. [In Russ]

22. Magerramov Z.T., Abdulaev V.G., Magerramova A.Z. Big Data: problems, methods of analysis, algorithms. *Radioelektronika i informatika*. 2017, no. 3, pp. 42 — 51. [In Russ]

23. Cerchiello P., Giudici P. Big data analysis for financial risk management. Journal of Big Data: electronic science journal. Vol. 18, 2016. Access mode — URL: https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537 — 016 — 0053 — 4 (request date:10.06.2020).

24. Gobareva Y.L., Gorodetskaya O.Y., Nikolaenkova M.S. Big Data: big potential of risk management. *Transportnoye delo Rossii*. no. 1. 2016. Pp. 21 — 24. [In Russ]

25. Rudskaya E.N. Desyatnichenko L.V. Rol' Big Data v upravlenii riskami: razvitiye «umnogo strakhovaniya». Vektor ekonomiki: elektronnyy zhurnal [Role of Big Data in risk management: the development of "smart insurance". Vector of Economics: electronic journal]. 2017, no. 6. Access mode — URL: http://www.vectoreconomy. ru/images/publications/2017/6/economicsmanagement/Rudskaia_Desyatnichenko.pdf (request date: 10.06.2020).

26. Mazein S.V., Potapova E.V. Research of offset of block lining in case of shield driving road tunnels. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*. 2019, no. 4(90). pp. 33 — 36.

27. 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].

28. 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.

29. 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].

30. 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].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Потапова Е.В. — аспирант НИТУ «МИСиС», e-mail: elka23sp@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Potapova E.V., Post-graduate, Department "Construction of Underground Structures and Mining Enterprises", NUST «MISiS», Moscow, Russia, e-mail: elka23sp@yandex.ru.

Получена редакцией 09.07.2020; получена после рецензии 18.01. 2021; принята к печати 01.02.2021.
Received by the editors 09.07.2020; received after the review 18.01. 2021; accepted for printing 01.02.2021.