

отрасли в виде перечня приоритетных (прикладного характера) научно-технических проектов, включающих, в том числе мероприятия ресурсно-обеспечивающего и внедренческого (инновационного) характера;

9) уточнение состава научно-технических, вузовских и производственных структур — исполнителей тем НИР и научно-технических проектов, определение головных организаций по направлениям и/или проблемам ВМСБ;

10) организация мониторинга выполнения научно-технических (инновационных) мероприятий.

Таким образом, устойчивое функционирование ОИС_{гео} должно базироваться на рациональном прогнозировании и перспективном планировании тематики фундаментальных, поисковых, прикладных НИР, опытно-экспериментальных и внедренческих работ. Следует также особо подчеркнуть не-

обходимость повышения роли профильных вузов как в подготовке кадров высшей квалификации геологического профиля, так и создании научно-технических новшеств [4, 5, 7]. Интеграция вузов, НИИ, корпораций недропользования в рамках ОИС_{гео} призвана обеспечивать кадровую реализуемость и конкурентоспособность инновационных проектов по ВМСБ.

Статья подготовлена в рамках НИР «Разработка теоретико-методологических основ, институциональных и организационно-экономических механизмов обеспечения сбалансированности рынков труда, образовательных и научно-технических услуг при подготовке кадров высшего профессионального образования для недропользования России» по заданию № 2014/90 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного контракта Минобрнауки РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винслав Ю.Б., Лисов С.В. О задачах и принципах создания отраслевой инновационной системы // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 2. С. 80–82.
2. Заработные платы в мировой горнодобывающей промышленности в 2011–2012 гг. (<http://technology.infomine.com>) — дата обращения 25 августа 2016 г.
3. Козловский Е.А. Минерально-сырьевые ресурсы мира и России // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 1. С. 53–59.
4. Кушель Е.С. Три вектора вузовской деятельности: факторы конкурентоспособности и направления действий менеджмента // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2011. № 2. С. 56–76.
5. Лисов В.И. О задачах модернизации управления отечественной высшей школой // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2010. № 2. С. 90–101.
6. Лисов С.В. Минерально-сырьевой комплекс России: итоги деятельности, актуализация стратегических задач инновационного роста // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 3. С. 52–55.
7. Лунькин А.Н. Многоуровневые стратегические альянсы в профессиональном образовании // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2012. № 2. С. 91–97.
8. Оганесян Л. Оценка современного состояния геологической отрасли ([geoclub.ru>articles/95/143](http://geoclub.ru/articles/95/143)) — дата обращения 20 августа 2016 г.
9. Орлов В.П. Состояние и проблемы геологической отрасли России. (<http://www.miningexpo.ru/company/7842>) — дата обращения
10. Официальная статистика. (http://www.gks.ru/free_doc/2015/potrorg/potr14.htm) — дата обращения
11. Рогова Т.Б., Шаклеин С.В. Риски компаний России, действующих в сфере недропользования // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2010. № 1. С. 90–95.
12. Российский статистический ежегодник. 2015. М.: Росстат, 2016. С. 349–367, 365–568.
13. Социально-экономическое положение России. Январь-июнь 2016 г. Вып. 6. М.: Росстат, 2016. С. 15–19.
14. Фадеева А. Россию зальет бензином / Газета «Ведомости» от 13 мая 2016 г. № 84 (4073).

УДК 622.3:338.27

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ В ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

В.М. ЗАЕРНЮК, Н.О. СНИТКО

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, e-mail: zvm4651@mail.ru*

Исследовано современное состояние изученности методов оценки техногенных рисков, а также рассмотрены новые аспекты решения данной проблемы применительно к золотодобывающей промышленности. Целью работы является разработка основных подходов к способам выявления, специфике возникновения и оценки техногенного риска золотодобывающих предприятий. Методологической базой выступают концептуальные положения риск-менеджмента, работы ведущих российских и зарубежных ученых в области управления рисками. Учитывать потенциальную возможность потерь от аварии на эксплуатируемом оборудовании можно путём внедрения на предприятиях золотодобывающей отрасли дополнительно инструмента оценки техногенного риска, основанного на модели математического ожидания потерь от ущерба при вероятной аварии. Сделан вывод о том, что проблема количественного оценивания неопределенности является доминирующей в теории техногенного риска. Необходим подход, основанный на применимости вероятностного описания свойств технических систем, эксплуатируемых в золотодобывающей отрасли.

Ключевые слова: техногенный риск; золотодобывающая отрасль; техногенная безопасность; методы оценки техногенного риска.

APPROACHES TO THE ESTIMATION OF THE TECHNOLOGICAL RISKS IN THE GOLD INDUSTRY

V.M. ZAERNYUK, N.O. SNITKO

*Russian State Geological University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklaya street, 23; e-mail: zvm4651@mail.ru*

The current state of the knowledge of the methods used for the evaluation of technogenic risks is examined, and the new aspects of this problem in relation to the gold mining industry are considered. The aim of this work is to develop the general approaches to the ways of the distinguishing, specification of the origin and estimation of the technogenic risk for gold mining enterprises. A methodological basis for this work is risk management concepts, as well as the works of the leading Russian and foreign scientists in the field of risk management. The potential losses from an accident on the operated equipment can be taken into account by the introduction at the enterprises of gold-mining industry the additional tool for technogenic risk assessment based on the model of mathematical expectation of the losses from damage from the potential accidents. The problem of the quantitative estimation of the uncertainty is concluded to be the dominant problem in the theory of technological risk. An approach is required which would be based on the applicability of probabilistic characterization of properties of technical systems used in gold mining industry.

Key words: technogenic risk; gold mining industry; technogenic security; methods of the evaluation of technogenic risks.

Риски представляют собой препятствия, которые необходимо преодолеть для того, чтобы перейти от затрат на геологоразведку к прибыли. По мнению Корпорации Кинросс Голд, являющейся крупнейшим канадским инвестором по разработке золоторудных месторождений в Российской Федерации, геолого-разведочный процесс характеризуется четырьмя основными категориями рисков: рыночным, изыскательским, геологическим и политическим¹.

В то же время, в связи с нарастанием кризисных и катастрофических факторов, дестабилизирующих любую производственную сферу деятельности, в различных областях научного знания исключительную актуальность более интенсивного использования приобретает оценка так называемых техногенных рисков.

Можно отметить, что производственная деятельность крупнейших золотодобывающих компаний, таких как Полюс Золото, ГК Петропавловск, Полиметалл, Чукотская ГК, ГК ЮжУралЗолото, Соврудник, Сусуманзолото и других подвержена ряду природных и техногенных факторов, таких как затопления; обрушения бортов и уступов карьеров; прорывы дамб хвостохранилищ; инциденты при использовании горной техники и производстве взрывных работ; перерывы в производстве, вызванные прекращением подачи электроэнергии и поломкой оборудования.

Риски техногенного воздействия свойственны многим другим секторам горнодобывающей отрасли. Дальнейшее освоение недр в отдельных регионах России сопряжено с возрастающими сейсмическими рисками. Участвовавшие землетрясения являются естественной реакцией вмещающей геологической среды на происходящие в её недрах

масштабные природные и техногенные изменения.

Таким образом, в производственных структурах предприятий горнодобывающей отрасли происходят существенные изменения, которые настоятельно требуют своего теоретического и прикладного осмысления, без этого невозможно осуществлять скоординированную стратегию противостояния стохастическим деструктивным факторам, ожидаемым в недалеком будущем, и соответственно принимать ответственные и эффективные решения.

Прежде чем приступить к анализу изученности проблемы оценки техногенных рисков в горнодобывающей промышленности в трудах российских ученых, рассмотрим понятие риска в области исследований техногенной безопасности как экономической категории, его природу и содержание.

Одной из самых первых трактовок понятия риска является трактовка, обнаруженная в литературе, датированной 1901 г. Это диссертация экономиста А. Виллета, в которой её автор определил риск как «объективизированную неопределенность касательно появления нежелательного события» [18].

Исследователь Дж. Филипп [17] определяет риск как «неопределенность исходов». Этот автор известен научному миру введением в научный оборот параметра, названного им ценой риска (VaR), посредством которого можно измерять наихудший ожидаемый ущерб сверх обычного уровня при нормальных рыночных условиях при заданном уровне доверия.

Риск в понимании американского ученого Френка Найта — это измеримая неопределенность, противостоящая неизмеримой неопределенности, т. е. риск трактуется как количественно измеримая, или измеримая (quantifiable), неопре-

¹ Привлечение иностранных инвестиций в горнодобывающую промышленность Российской Федерации // Финансово-экономическое исследование. Корпорация Кинросс Голд. 86 с. http://www.kinrossgold.ru/upload/kinross_RUS.pdf (дата обращения 02.09.2016).

делённость деятельности по снижению неопределённости внешней среды бизнеса. Ф. Найт полагал, что измеримая неопределённость, т. е. сам риск, очень сильно отличается от неизмеримой неопределённости. Можно сказать, что риск не является неопределённостью [12].

Дж. Алтерн представляет риск следующим образом: «риск может быть определен либо как ожидаемая вероятность ущерба (потерь), либо как возможность неблагоприятного отклонения от ожидаемого значения, так как любое отклонение в неблагоприятную сторону от ожидаемого означает убытки» [16].

Исследователь С.А. Смоляк, занимающийся проблемой инвестиционных рисков, под риском понимает «возможность возникновения условий, приводящих к негативным последствиям проекта для его участников» [14].

Ведущие российские специалисты, входящие в Объединенный комитет по управлению риском государственных научно-технических программ (ГКНТП России), полагали, что риск следует представлять векторной величиной, компонентами которой являются вероятность события, обусловленный им ущерб и неопределённость того и другого [8].

Таким образом, до настоящего времени единого согласия среди учёных и специалистов по поводу толкования понятия «риск», в том числе «техногенный риск», не достигнуто. В то же время исследование показало, что термин «риск» чаще всего принято трактовать как возможность нанесения ущерба и его размер, в то время как саму проблему риска понимают как нахождение способа ухода от ошибок в процессе принятий решений, способных произвести этот ущерб.

Подобная интерпретация понятия «риск», которую исследователи характеризуют статистическим подходом, трактующим риск как возможность наступления неблагоприятного события и количественной меры последствий такого ущерба, является господствующей в мировой науке. Данного подхода придерживаются большинство российских аналитиков и экспертов в области анализа техногенного риска.

Заслуживает также внимания определение риска, даваемое ГОСТ Р 51901.1-2002²: «риск — сочетание вероятности события и его последствий». Данное определение содержит главные компоненты, устраивающие, на наш взгляд, большую часть исследователей. В связи с этим целесообразно в данном контексте обозначить две ключевые составляющие техногенного риска — составляющая, связанная с вероятностью возникновения нежелательного события, а также составляющая риска,

связанная с ущербом, обусловленным нежелательным событием.

Теория техногенной безопасности изучает опасные факторы и обусловленные ими негативные последствия, связанные с использованием технологий, функционированием технических объектов и систем. С одной стороны, они заключаются в *систематическом загрязнении среды обитания человека* (химическом, физическом и биологическом), а также её видоизменении. С другой стороны, техногенные опасности могут быть представлены *аварийным риском*, связанным с нештатным высвобождением энергии и/или опасных веществ в результате разного рода аварий на технических объектах [10].

В этой связи *техногенный риск*, на наш взгляд, можно рассматривать как *опасность нанесения ущерба со стороны той или иной технической системы или процесса людям, окружающей среде, материальным и нематериальным ценностям*.

Что касается исследований по вопросам оценки техногенного риска в горнодобывающей и других промышленных отраслях России, приходится констатировать, что к этой проблематике, судя по опубликованным работам на русском языке, российскими исследователями еще не проявлен должный интерес. Подавляющая часть опубликованных работ касается вопросов анализа и оценки рыночных и финансовых рисков (валютного, процентного рисков, риска ликвидности), а также налогового, регулятивного, правового и др.

Изучение ведущих отечественных научных журналов в области горного дела, геологии и разведки, опубликованных в 2006—20016 гг., позволило автору выявить всего лишь семь работ, посвященных проблеме техногенного риска [2, 4—6, 9, 11, 15]. Это резко контрастирует с огромным числом опубликованных работ по данной теме для других отраслей реального сектора, присутствующих в отечественных и особенно в зарубежных источниках.

В ходе исследования проблемы оценки техногенного риска автором были также рассмотрены известные, получившие признание в научном мире, монографии отечественных специалистов. Так, работа А.Н. Елохина [7] посвящена преимущественно вопросам теоретическим и научно-методическим аспектам анализа и управление риском, в том числе аварийного, на основе использования метода точечных оценок без привязки к конкретной сфере промышленно-производственной деятельности, фактор неопределённости полученных результатов при этом не рассматривался.

В работе В.А. Акимова, В.В. Лесных, Н.Н. Радаева достаточно подробно исследованы опасности, угрозы и риски, свойственные природным и техно-

² ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем». http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11332/index.php (дата обращения: 03.09.2016).

генным, чрезвычайным ситуациям, раскрыты достаточно полно, однако применительно к специфике горнодобывающей отрасли в нём достойного внимания не уделено [1].

Подходы к оценке техногенного риска

Как показало исследование, в России управление техногенной безопасностью традиционно делится на области, осуществляемые по названию государственных надзорных ведомств (экологическая, пожарная, промышленная, охраны труда). Данный подход, так называемый традиционный, основан на детальной регламентации множества параметров конструкции и технологии функционирования технических объектов, а также на всеохватывающем государственном надзоре за их выполнении.

В процессе исследования была рассмотрена проблематика, связанная с оценкой техногенных рисков, содержащаяся в отечественных нормативно-технических документах. Анализ показал, что подходы к решению данной проблемы в документах надзорных органов практически не раскрыты, можно выделить лишь отдельные моменты, относящиеся к разряду постановки проблемы.

В частности, в утвержденном Госгортехнадзором РФ еще в 2001 году руководящем документе РД 03-418-01³, в разделе 4.4.4 обращено внимание на то, что обобщая оценки риска, целесообразно анализировать вопросы неопределённости и точности полученных результатов. Подчеркивается, что существует большое число неопределённостей, напрямую связанных с оценкой риска. Для правильной интерпретации результатов оценки риска, требуется понимание характера неопределённостей и их причины. Однако сам инструментарий, подходы к оценке риска в рабочем документе отсутствуют.

В серии стандартов группы ГОСТ Р 51901, гармонизированных с соответствующими международными стандартами, в частности в ГОСТ Р 51901.1-2002⁴, кратко показаны источники неопределённости результатов анализа техногенного риска и сказано о том, что надо бы эту неопределённость количественно оценивать. Подходы к

оценке, не говоря о методах оценки риска, не раскрываются.

И только в ГОСТ Р 51901.5-2005⁵, хотя и фрагментарно, рассмотрен инструментарий оценки рисков. В частности, затронут вопрос оценки параметрической неопределённости, задаваемой с помощью интервалов.

Следует отметить, что еще в начале 90-х гг. прошлого века впервые в нашей стране государственным стандартом в области пожарной безопасности был введен вероятностный критерий соблюдения требований техногенной безопасности⁶. В дальнейшем, на уровне федерального закона, техногенную (пожарную) безопасность объекта защиты было предложено оценивать, сравнивая метрики пожарного риска с их предельными значениями⁷. Однако в июле 2012 г. российский законодатель признал, что четырехлетний опыт применения нового подхода оказался негативным и решил отказаться от него в части замены государственного надзора [10].

Подытоживая, отметим, что нормативно-методические документы по пожарной безопасности, выпускаемые в нашей стране, оперируют исключительно точечными значениями всех параметров, вопросам неопределённости каких-либо величин в них не уделяется, что является, с современной точки зрения, серьёзным методологическим просчетом. На этом фоне выигрывают международные стандарты и руководства по пожарной безопасности, в которых отчетливо обозначена проблема количественной оценки неопределённости, предлагаются способы её выполнения.

Далее рассмотрим методические подходы, альтернативные традиционному надзорному подходу, основанные на количественной оценке техногенного риска. К настоящему времени разработано несколько альтернативных способов, предназначенных как для выражения неопределённости параметра, так и для установления правил, позволяющих выражать неопределённость результата расчётов по модели через неопределённости её параметров.

Е.В. Колесниковым выделены четыре подхода [10]:

³ РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов // Постановление Госгортехнадзора РФ от 24.08.2001 г. № 37. http://expert-01.com/biblioteka/normativnye_dokumenty/Rd/03-418-2001.htm (дата обращения 03.09.2016).

⁴ ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем // Постановление Госстандарта России от 7 июня 2002 г. № 236-ст. <http://gost.rf.com/normadata/1/4294845/4294845367.pdf> (дата обращения 03.09.2016).

⁵ ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. Руководство по применению методов анализа надежности // Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2005 г. № 236-ст. http://uristu.com/library/gosty-tekstovye/gost_4396/ (дата обращения 03.09.2016).

⁶ ГОСТ 12.1.004-76 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1) // Постановление Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.1991 г. № 875. <http://npropris.ru/wp-content/uploads/2015/11/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2-12.1.004-91-%D0%A1%D0%A1%D0%91%D0%A2.pdf> (дата обращения 03.09.2016).

⁷ Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 3 июля 2016 года) http://www.cmt-product.ru/technical_documentation/normative_documents/123fz.pdf (дата обращения 03.09.2016).

вероятностный, заключающийся в постулировании принадлежности величины параметра к тому или иному типу распределения вероятности;

нечёткий (основанный на использовании fuzzy sets), согласно которому функция принадлежности параметра задаётся на основании экспертных суждений;

синтетический, с использованием формализма Демстера—Шафера, позволяющий объединять вероятностные и экспертные интервалы;

интервальный, или метод границ Скотта Ферсона.

В сфере управления безопасностью и управления рисками наиболее популярным считается вероятностный подход [13]. Что касается сложных социально-экономических систем, где имеется определённое число иерархических уровней организации, то там присутствуют элементы как случайности, так и детерминированности. Далекое не всегда вероятностная трактовка интервала неопределённости является адекватной. В ряде ситуаций и при некоторых состояниях систем случайные воздействия не приводят к возникновению кризисных явлений, в то время как в других могут вызвать ряд рискованных событий. В тех редких случаях, когда ситуация обладает устойчивостью в статистическом смысле (например, метеорологические наблюдения), вероятностное описание вполне адекватно. При выполнении количественной оценки в условиях неопределённости параметров техногенного риска вероятностный подход непригоден.

Аналогичное возражение можно выдвинуть и против использования для количественной оценки неопределённости нечётких чисел (fuzzy set), поскольку это предполагает существование устойчивой функции принадлежности.

Некоторые аналитики [13] сходятся во мнении, что единственным удовлетворительным методом, применимым для количественного оценивания неопределённости при логико-вероятностном моделировании техногенной безопасности, является интервальная математика, основы которой были заложены в работе Розалинды Янг [19].

В отечественной научной литературе в отношении способа количественной оценки неопределённости техногенного риска, можно назвать исследование О.М. Ковалевича [8], предложившего классический выборочный метод Монте Карло, который по своей сути представляет статистическое моделирование, и его модификацию — метод Латинского суперкуба (LHS, Latin Hypercube Sampling). Аналогично этот способ оценки техногенного риска изучен в монографии В.А. Акимова, В.В. Лесных и Н.Н. Радаева [1].

Техногенные риски, связанные с эксплуатацией производственных объектов в горнодобывающей

отрасли, характеризуются высокими значениями возможного экономического ущерба. Возникновение аварийных ситуаций на предприятиях горнодобывающей промышленности чревато незапланированными затратами, размеры которых сокращают доходность операционной деятельности предприятий. Как нам представляется, прежде всего это относится к технологическому оборудованию (возникновение аварийных ситуаций на этапе освоения и эксплуатации, недостаточная его загрузка и др.).

Учитывать потенциальную возможность потерь от аварии на эксплуатируемом оборудовании можно путём внедрения на предприятиях золотодобывающей отрасли дополнительно инструмента оценки техногенного риска, основанного на модели математического ожидания потерь от ущерба при вероятной аварии, которую можно представить в следующем виде:

$$DR = \sum_{i=1}^m p_i^t D_i^t,$$

где $p_i^t D_i^t$ — математическое ожидание потерь и ущерба от аварийной ситуации в t -м году; p_i^t — вероятность возникновения аварийной ситуации в t -м году на i -м объекте; D_i^t — ожидаемый ущерб от аварии в t -м году на i -м объекте; m — число потенциально опасных объектов.

Возникновение аварийных ситуаций по частоте, длительности устранения и стоимости ущерба моделируются случайным образом. Риск недостаточной загрузки оборудования связан с возможностью снижения объёмов добычи минерального сырья по разным причинам, например, в случае усугубления экономического кризиса и т. д.

Подводя итог данному исследованию, прежде всего следует отметить, что отечественная риск-методология техногенной безопасности в настоящее время переживает непростой период. Следует признать определённое отставание отечественной теории анализа и оценки техногенного риска в сравнении с зарубежными научно-прикладными разработками, поскольку проблематика, связанная с оценкой техногенного риска, до сих пор фактически находится вне поля её зрения.

Требуют переосмысления привычные подходы, необходима разработка новых методов. Одной из ключевых в теории техногенного риска остается проблема количественного оценивания неопределённости. Представляется целесообразным взять на вооружение дополнительно к действующим инструмент оценки техногенного риска, основанный на модели математического ожидания потерь от ущерба от вероятной аварии, учитывать применимость вероятностного описания свойств технических систем, эксплуатируемых в золотодобывающей отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
2. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н., Ярг Л.А. Теоретические основы и принципы оценки риска геологических процессов в природно-технических системах // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2006. № 3. С. 36–38.
3. Борисович В.Т. Инструменты для управления рисками на рынке драгоценных металлов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2013. № 1. С. 57–60.
4. Ганова С.Д., Ключа Д.О. Управление геозкологической безопасностью техногенных воздействий на компоненты окружающей среды при оценке риска от экзогенных геологических процессов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2012. № 6. С. 60–63.
5. Горбатов А.В., Баранов С.С. Инструментарий исследования оценки риска на технологических объектах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 7. С. 273–274.
6. Горский В.Г., Монин Г.А., Петрунин В.А. и др. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска. М.: Экономика, 2002. 260 с.
7. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. 2-е изд., испр. и доп. М.: Полимедиа, 2002. 192 с.
8. Ковалевич О.М. Риск в техногенной сфере. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 152 с.
9. Козловский С.В. Прогнозирование геологических опасностей и риска их проявлений, как составная часть пространственно-временной системы // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2010. № 6. С. 59–61.
10. Колесников Е.Ю. Анализ техногенного риска: проблемы и неопределенности // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10. № 5. С. 14–20.
11. Мионов О.К. Экономико-математическая модель оптимального управления природными рисками // Проблемы анализа риска. 2015. № 12. С. 86–91.
12. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль / пер. с англ. М.: Дело, 2003. 360 с.
13. Орлова Е.В. Идентификация и прогнозирование рисков экономической системы на основе имитационного моделирования // Проблемы анализа риска. 2014. № 1. С. 40–49.
14. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов условиях риска и неопределенности. Теория ожидаемого эффекта. М. Наука, 2002. 184 с.
15. Чмыхалова С.В., Шевчук С.В. Неопределенности и риски при проектировании горных объектов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S1. С. 457–463.
16. Athearn J.L. Risk and Insurance. 2nd ed. New York: Appleton-Century-Croft, 1969.
17. Philippe J. Value at risk: the new benchmark for managing financial risk. New York: McGraw-Hill Professional, 2001.
18. Willett A.H. The economic theory of risk and insurance. Reprint, Homewood, Illinois; Richard D. Irwin Inc, 1901.
19. Young R.C. The algebra of many-valued quantities // Mathematische Annalen. Band 104, 1931. PP. 260–290.