

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕВОЗОБНОВИМЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОМ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

Олег Вениаминович Косолапов¹,
nedra1958@mail.ru
Алексей Владимирович Душин²
dushin.a@list.ru

¹АО «Русская медная компания»
Россия, Екатеринбург
²Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург

Актуальность исследования. Одним из основных условий экологически устойчивого недропользования является минимизация истощения минеральных ресурсов, которая предполагает максимально эффективную и полную отработку запасов эксплуатируемых месторождений полезных ископаемых. В то же время показатели потерь и разубоживания при добыче полезных ископаемых остаются высокими. В среднем по горнопромышленному комплексу размер потерь определяется в 10–50 %. Положительные сдвиги в решении данной проблемы весьма незначительны в силу отсутствия эффективных методических рекомендаций, ориентированных на полноту изучения ресурсов недр.

Цель исследования – разработка методического инструментария обеспечения полноты использования невозобновимых ресурсов.

Результаты, полученные в процессе исследований, сводятся к следующим: выявлена тенденция систематического завышения запасов, что требует уточнения коэффициентов перевода запасов в более высокие категории; доказана необходимость повышения достоверности геологической информации как при геологическом изучении недр, так при эксплуатационной разведке. Обоснована целесообразность постановки опережающего геологического изучения недр (ОГИН) в процессе разработки месторождения и уточнена методика оценки его эффективности, учитывающая эффект, обусловленный повышением полноты использования минеральных ресурсов, эффект, формируемый за счет повышения уровня безопасности ведения горных работ и эффект повышения уровня инвестиционной привлекательности объекта недропользования.

Применение результатов. Разработанный методический инструментарий, ориентированный на минимизацию истощения невозобновимых природных ресурсов, который содержит предложения по детализации величины запасов полезных ископаемых и повышению достоверности геологической информации, позволит недропользователям добиться повышения полноты использования недр, обеспечивающего получение эколого-экономического эффекта.

Ключевые слова: невозобновимые ресурсы; полнота; истощение; потери; достоверность; геологическая информация; эффективность.

Введение

Одним из основных условий, выполнение которого предполагает наличие экологически устойчивого недропользования, является замедление темпов изъятия, а следовательно, и истощения минерально-сырьевого потенциала [1, 2]. В то же время потери при добыче, в первую очередь, при подземной разработке месторождений, продолжают оставаться высокими [3]. Фактические показатели потерь при открытых горных работах возросли до 12–14 %, средний размер потерь по горнопромышленному комплексу – до 10–50 % [4], увеличивается объем добычи выборочной отработки запасов [5]. Велики потери полезных компонентов в отходах, формирующих отвалы забалансовых руд, при обогащении – шламо- и хвостохранилищ. В отходах свинцово-цинковой никелево-кобальтовой, вольфрам-молибденовой, алюминиевой отраслей промышленности содержится, млн т: меди – 8, свинца – 1, цинка – 9, никеля – 2,5, молибдена – 0,1, около 1 тыс. т золота и 12 тыс. т серебра. Велики запасы меди, цинка, серы в хвостах обогащения медных и медно-цинковых руд. Особое место среди техногенных отходов занимают техногенные россыпи золота. Потери минеральных ресурсов усугубляются списанием с баланса предприятий запасов вследствие выявившегося усложнения горно-геологических условий.

Цель исследования – разработка методического инструментария обеспечения полноты использования минеральных ресурсов при эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Анализ коэффициентов перевода

Обобщение и анализ опыта разработки месторождений показали, что причинами формирования ненормируемых потерь является необоснованное списание запасов, выборочная отработка запасов, низкий уровень комплексности использования сырья, использование процедуры нормирования потерь и разубоживания, не отвечающей современным условиям экономического развития, завышение величины запасов полезных ископаемых за счет использования несовершенной системы коэффициентов перевода.

Было установлено систематическое завышение запасов и изменение отношения к степени разведанности запасов месторождения. Согласно степени разведанности полезного ископаемого и получения соответствующего уровня информации, выделяют в порядке убывания степени разведанности:

- запасы категорий A_1 , B , C_1 и C_2 ;
- ресурсы категорий P_1 , P_2 и P_3 .

Чем выше разведанность, тем надежнее информация и выше уровень подтверждаемости. Достоверность оценок разных категорий различна, что требует коэффициентов перевода прогнозных ресурсов в запасы категории C_2 и C_1 – в запасы более высоких категорий. В свое время Мингео СССР использовало коэффициенты перевода только в отношении запасов, учет ресурсов при выполнении подсчета запасов не осуществлялся. Имело место следующее соотношение:

$$(A + B) : C_1 : C_2 = 3 : 1 : 0,2 = 1 : 0,33 : 0,07.$$

Со временем появляются рекомендации для перевода прогнозных ресурсов в запасы, а величина коэффициентов перевода запасов C_2 в C_1 завышается в ряде случаев до 0,9–0,92 (табл. 1) [6].

Таблица 1. Коэффициенты перевода.
Table 1. Coefficients of transfer of reserves.

Категория ресурсов и запасов	Значения коэффициентов для месторождений разных групп сложности		
	I	II	III
P_3	0,07	0,10	0,20
P_2	0,35	0,42	0,50
P_1	0,70	0,75	0,80
C_2	0,90	0,92	0,95
$A + B + C_1$	1,00	1,00	1,00

Примечание: I группа – жильные месторождения, II группа – промежуточные, III группа – пластовые.

Таблица 2. Соотношение запасов различных категорий разведанности, % [7].
Table 2. Ratio of reserves of various exploration categories, % [6].

Группа месторождений	Категория запасов			
	A	B	C_1	C_2
I	10	20	70	–
II	–	20	80	–
III	–	–	80	20
IV	–	–	50	50

В работах ЦНИГРИ и ВИЭМС коэффициенты перевода дифференцируются с учетом геолого-промышленных типов месторождений, но их величина остается достаточно большой $P_1 \rightarrow C_1 = 0,6-0,8$; $P_2 \rightarrow P_1 = 0,4-0,5$; $P_3 \rightarrow P_2 = 0,1-0,3$.

В целом достоверность запасов $A + B$ стала уравниваться с достоверностью запасов C_1 , коэффициенты перевода $C_2 \rightarrow C_1$ достигли величины 0,9–0,92. Наибольшие претензии вызывают коэффициенты перевода для прогнозных ресурсов P_3 , которые определяются как гипотетические, и тем не менее их подтверждаемость оценивается в 0,07–0,125, а в отдельных случаях даже в 0,2. Еще опаснее ситуация отказа от коэффициентов перевода, что ведет к росту геологических рисков, обусловленных завышением запасов. Завышение запасов месторождения обуславливает появление проблем с неподтверждением конфигурации рудных тел, содержанием полезных ископаемых и др., что приводит к неполноте отработки запасов месторождения. Меняется и отношение к степени разведанности. В первой классификации запасов, разработанной в 1927 г., как и в той, которая была подготовлена в 1933 г., предусматривалось целевое назначение каждой категории. В последующем для постановки проектирования регламентировалось соотношение запасов различных категорий (табл. 2).

Рассматриваемое ограничение уже в классификации (1997) было отменено. Право установления наиболее рационального соотношения было передано самим недропользователям. Отказ от регламентации привел к снижению достоверности геологической информации, служащей основой проектирования и планирования горных работ, и в конечном счете – к недоразведанности участков недр, безвозвратным потерям полезных ископаемых и росту рисков инвесторов.

Повышение достоверности геологической информации

Необходимость постановки дополнительного геологического изучения недр закрепляется в лицензионных соглашениях, однако данное условие зачастую не выполняется при том, что по данным практики лишь 21 % лицензионных соглашений содержат рассматриваемое условие, а со временем их количество только сокращается. Более того, проведенная актуализация лицензий (согласно поручению Президента РФ В. В. Путина, № 17934 от 12.02.2015 г.) вообще минимизировала перечень обязательств по соблюдению основополагающих принципов геологоразведочных работ.

Особую значимость в части повышения достоверности геологической информации имеет постановка опережающего геологического изучения (доизучения) недр (ОГИН) при эксплуатационной разведке. Необходимость постановки ОГИН определена ФЗ «О недрах». Обычно выполнение ОГИН касается участков недр, на которых требуется уточнение геологических условий. На сегодня сущность ОГИН в нормативно-правовых документах не определена, хотя в соответствии с приказом Минприроды России № 227 от 30.10.2009 г. отсутствие работ по ОГИН может служить основанием для отказа в рассмотрении проектной документации. Игнорирование требования по ОГИН приводит к росту ненормированных потерь, обусловленных отсутствием достоверной информации относительно горно-геологических условий, к списанию балансовых запасов (по данным [8], невыполнение условий по ОГИН рассматривается в качестве причины половины всех случаев списания запасов), а также снижению экономической эффективности добычных работ за счет увеличения затрат при отработке «вслепую».

Коммерческий эффект за счет сокращения потерь при повышении достоверности геологической информации выражается в увеличении прибыли в результате роста объема добычи полезного ископаемого. При обосновании величины социально-экономического эффекта учитывается факт торможения сроков освоения новых месторождений, замедления темпов использования минеральных ресурсов в условиях новых объектов недропользования, что определяет экономию затрат по всем процессам производственного цикла, экономии платежей за загрязнение окружающей среды и др. Исходной позицией служит тот факт, что новые месторождения обычно расположены на севере и северо-востоке нашей страны, где затраты на освоение месторождений выше, чем в центральной части, как и экономический ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды. В свою очередь, снижение загрязнения – это экономия экологических ресурсов (ассимиляционного потенциала территории). Отсюда социально-экономический эффект предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$\Theta_{э.э} = [\Delta Z_d + (\Delta Y_{э} - \Delta \Pi) + \Delta Z_{тр} + \Delta R] Q,$$

где $\Theta_{э.э}$ – эколого-экономический эффект, руб.; ΔZ_d – экономия на затратах при добыче 1 т полезного компонента, 1/т; $\Delta Y_{э}$ – сокращение величины предотвращаемого экономического ущерба, р/т; $\Delta \Pi$ – экономия платежей за загрязнение окружающей среды р/т; $\Delta Z_{тр}$ – экономия затрат, связанных с удаленностью вновь осваиваемого месторождения от центра, р/т; ΔR – экономия рекультивационных работ, р/т; Q – снижение потерь в расчете на полезный компонент, т.

Предлагается методический подход оценки эффекта от сокращения потерь в отличие от существующих учитывает специфику разработки новых месторождений, эксплуатация которых откладывается в связи с полнотой отработки запасов действующих месторождений.

Более упрощенный расчет $\Theta_{\text{а.э}}$ имеет вид:

$$\Theta_{\text{а.э}} = (\Pi_c - \Pi_n)Q,$$

где Π_c , Π_n – прибыль в расчете на 1 т полезного компонента соответственно в условиях эксплуатируемого месторождения и прогнозируемая прибыль для вновь осваиваемых месторождений, р/т.

Характерной ситуацией для последнего времени является признание факта снижения уровня промышленной безопасности при недостаточной достоверности геологической информации, повышения риска опасных геологических процессов и явлений, служащих причиной аварий и несчастных случаев в связи с недостаточным обоснованием принимаемых технических решений [9]. Величина эффекта, обусловленная повышением уровня безопасности, $-\Theta_\phi$ – в этом случае определяется по формуле:

$$\Theta_\phi = \Theta_\tau + \Theta_c + \Theta_{\text{об}},$$

где Θ_τ , Θ_c – эффект, обусловленный снижением несчастных случаев, не связанных со смертельным исходом, и эффект, возникающий при снижении смертельных случаев, руб.; $\Theta_{\text{об}}$ – эффект, формируемый за счет предупреждения порчи материальных ценностей, руб.

Предотвращаемый ущерб от несчастных случаев, не связанных со смертельным исходом (травм), Θ_τ зависит от прогнозируемого числа травм и их вида:

$$\Theta_\tau = \left[\sum_{i=1}^n \left(R_i \frac{Ч}{1000} \Pi_i + Y_{ni} + Y_{ri} \right) \right] K_c,$$

где R_i – численность травм i -го вида в год в расчете на 1000 человек, ед.; $Ч$ – численность населения, подверженного возможности получения травм, чел.; Π_i – затраты на ликвидацию i -го вида травмы, руб./ед.; Y_{ni} – ущерб, обусловленный наличием травм i -го вида для предприятия, руб.; Y_{ri} – ущерб, обусловленный наличием травм i -го вида для общества, руб.; K_c – коэффициент учитывающий субъективный компонент.

Важным моментом является прогноз возможных травм i -го вида с учетом имеющегося опыта в области промышленной безопасности и оценки Π_i . Затраты на ликвидацию травм зависят от вида травм и включают в себя: расходы на лечение, медицинские услуги, не предусмотренные системой обязательного медицинского страхования, расходы из средств социального страхования, из фондов социального обеспечения, единовременное пособие, доплаты до среднего заработка [10]. Величина Y_{ni} предполагает учет упущенной выгоды в связи с потерей продукции из-за простоев, обусловленных несчастными случаями, и расходов, необходимых для расследования причин несчастных случаев. Величина Y_{ri} характеризует собой потери валового национального продукта из-за преждевременного выхода на пенсию травмируемого и потерю части налогов. Субъективный коэффициент K_c , величина которого определяется как 1,1–1,2, по мнению исследователей, учитывает моральный ущерб травмируемого [11, 12].

Расчету подлежит и прогнозируемый предотвращаемый ущерб от смертельных случаев Θ_c :

$$\Theta_c = \frac{C_{\text{ж}}}{B} T_0 R_c \frac{Ч}{10000},$$

где $C_{\text{ж}}$ – стоимостная оценка жизни среднестатистического человека, руб.; B – средняя продолжительность жизни, годы; T_0 – среднее количество потерянных лет в результате смертельного случая, лет,

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^m (B - B_i)}{m},$$

где B_i – возраст i -го погибшего; m – количество погибших; R_c – численность погибших в год в расчете на 10 000 человек, ед.

При всей неэтичности стоимостной оценки жизни, которая считается бесценной, приходится осуществлять ее выполнение в целях обоснования эффективности ОГИН в данном случае. В литературе известны многочисленные методические подходы к определению стоимости жизни, которые базируются на размере ущерба, причиняемого народному хозяйству от гибели людей, на судебных выплатах по компенсации за потерю жизни, на совокупном доходе в течение жизни, на суммах личного страхования и т. д. [13–15]. Согласно рекомендациям, среднестатистическая жизнь человека в России составляет от 303 тыс. долл. до 1 млн долл. при продолжительности жизни 65 лет. Ущерб материальным ценностям определяется восстановительным методом исходя из возможных затрат на ликвидацию повреждений или восстановление производственного объекта, оборудования, сооружения и т. д.

Рост достоверности геологической информации оказывает положительное влияние и на инвестиционную привлекательность объекта недр, интерес инвестора возрастает по мере уточнения геологической информации и снижения возможного риска в силу неточности знаний о запасах и ресурсах месторождения. Зависимость между достоверностью геологической информации (категорий запасов и прогнозных ресурсов) и премий за риск подтверждается в ряде работ исследователей, в том числе в табл. 3 [16–17].

Таблица 3. Зависимость между достоверностью геологической информации и премией за риск.
Table 3. Data reliability – risk premium ratio.

Группа сложности месторождения	Категория запасов и ресурсов	Премия за риск
I	A	0
I	B	0,25
I	C ₁	1,00
I	C ₂	3,25
–	P ₁	6,50
–	P ₂	7,75
–	P ₃	9,25

При расчетах эффективности полученный суммарный эффект сопоставляется с затратами на ОГИН.

Учитывая, что отдельно взятые горнодобывающие компании не всегда могут иметь собственную хорошо оснащенную геологоразведочную службу, следует обратить внимание на предприятия о создании сервисных центров, выполняющих в том числе услуги по ОГИН по заказу компаний. Подобные центры в части выполнения услуг по нефтегазовой геофизике уже созданы и успешно функционируют. Вопросы создания подобных сервисных центров организации буровых контор, центров по выполнению лабораторных исследований, геологоразведочных работ, геолого-оценочных исследований находятся в стадии обсуждения [18].

Заключение

Экологически устойчивое недропользование предполагает замедление темпов истощения минеральных ресурсов. Исследования авторов показывают, что одной из причин снижения полноты использования невозобновимых природных ресурсов является завышение запасов месторождений в связи с необоснованной величиной коэффициентов перевода и недостоверность геологической информации, в том числе при эксплуатационной разведке. Обосновывается необходимость пересмотра коэффициентов перевода и выполнения ОГИН. Предлагается методика, позволяющая оценить эколого-экономическую эффективность выполнения опережающего геологического изучения недр (ОГИН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. Л., Бурцев Л. Н. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003. 262 с.
2. Косолапов О. В. Обеспечение эколого-экономической устойчивости при недропользовании. Абакан: Изд-во ХГУ им. Н. Ф. Катанова, 2016. 280 с.
3. Vokhmin S. A., Kytmanov A. A., Kurchin G. S., Trebush Y. P., Kirsanov A. K. Calculation of loss volumes and dilution of mineral deposits in near-contact zones // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, issue 19. P. 5447–5456.
4. Мельников Н. Н., Бусырев В. М. Ресурсобалансированное природопользование: теория и методы. Апатиты, 2007. 110 с.
5. Панфилов Е. И. О проблеме повышения эффективности функционирования минерально-сырьевого комплекса России // Маркшейдерия и недропользование. 2010. № 5. С. 8–16.
6. Нежинский И. А., Павлов И. Г. Методическая основа оценки стоимости российских недр // Минеральные ресурсы России. 1995. № 4. С. 13–18.
7. Мельников Н. Н., Бусырев В. М. Экономические аспекты освоения месторождений Арктики. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 156 с.
8. Шаклеин С. В., Крекова А. В. Списание нецелесообразных к отработке запасов и достоверность геологического изучения недр // Маркшейдерский вестник России. 2009. № 4. С. 35–38.
9. Шаклеин С. В., Рогова Т. Б. Направления совершенствования российской системы оценки достоверности запасов твердых полезных ископаемых в контексте обеспечения безопасности горных работ // Минеральные ресурсы России. 2010. № 6. С. 19–24.
10. Scuffham P., Chalmers D., O'Hare D., Wilson E. Direct and indirect cost of general aviation crashes // Aviation Space and Environmental Medicine. 2002. Vol. 73, issue 9. P. 851–858.
11. Ревич Б. А., Сидоренко В. Н. Методика оценки экономического ущерба здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. М., 2000. 42 с.
12. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Логинов В. Г. Методический инструментарий экономической оценки последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2010. 168 с.
13. Козлова О. А., Нифонтова Р. В., Макарова М. Н. Методические вопросы оценки экономического ущерба от смертности населения, занятого в экономике региона // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 2. С. 511–523.
14. Коробицын Б. А., Куклин А. А., Манжуров И. Л., Никулина Н. Л. Оценка ущерба от сокращения ожидаемой продолжительности жизни в результате онкологических заболеваний // Экономика региона. 2013. № 3. С. 257–264.
15. Yang Z., Liu P., Xu X. Estimation of social value of statistical life using willingness-to-pay method in Nanjing, China // Accident Analysis and Prevention. 2016. Vol. 95. P. 308–316.
16. Бойко Ю. А., Максимов И. А. Влияние рисков на финансовую оценку горнорудных проектов // Недропользование – XXI в. 2013. № 1. С. 46–51.
17. Плескунов И. В., Кунарев П. Л. От Greenfield до строительства и эксплуатации. Проектные риски на разных этапах освоения месторождения // Недропользование – XXI век. 2013. № 1. С. 62–66.
18. Бежанов С. К. Роль частного сектора в формировании минерально-сырьевой базы России // Разведка и охрана недр. 2004. № 2. С. 58–62.

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2018 г.

Methodological tools to ensure the completeness of the non-renewable resources use in an environmentally sustainable subsoil use

Oleg Veniaminovich Kosolapov¹,
nedra1958@mail.ru
Aleksey Vladimirovich Dushin²
dushin.a@list.ru

¹Russian Copper Company Limited
Ekaterinburg, Russia
²Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

The relevance of the study. One of the main conditions for environmentally sustainable subsoil use is to minimize the depletion of mineral resources. It involves the most efficient and complete development of reserves of exploited mineral deposits. At the same time, the loss and dilution rates in mining remain high. On average, in the mining industry, the amount of losses is determined in 10–50 %. Positive changes in solving this problem are very small due to the lack of the effective guidelines aimed at the completeness of the study of subsoil resources. The purpose of the study is to develop methodological tools to ensure the full use of non – renewable resources.

The results obtained in the course of research are as follows: the tendency of systematic overstatement of reserves is revealed. This requires clarification of the coefficients of transfer of reserves to higher categories. The necessity for increasing the reliability of geological information both in geological study of subsoil and in operational exploration is proved. The expediency of the advanced geological study of mineral resources in the process of field development is substantiated. The method of its efficiency evaluation is specified. This method considers the effect due to the increase in the completeness of the use of mineral resources. The effect formed by increasing the level of the mining operations safety and the effect of increasing the level of investment attractiveness of the object of subsoil use are also considered.

Applying the results. The developed methodological tools aimed at minimizing the depletion of non-renewable natural resources, contains proposals for detailing the amount of mineral resources and improving the reliability of geological information. These tools will allow subsoil users to achieve an increase in the completeness of subsoil use, providing an ecological and economic effect.

Keywords: non-renewable resources; completeness; depletion; losses; reliability; geological information; efficiency.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Galchenko, Y. L., Burtsev L. N. 2003, *Ekologicheskiye problemy osvoyeniya nedr pri ustoychivom razvitii prirody i obshchestva* [Ecological problems of mineral resources development in the sustainable development of nature and society]. Moscow, 262 p.
2. Kosolapov O. V. 2016, *Obespecheniye ekologo-ekonomicheskoy ustoychivosti pri nedropol'zovanii* [Ensuring environmental and economic stability in the subsoil use]. Abakan, 280 p.
3. Vokhmin S. A., Kytmanov A. A., Kurchin G. S., Trebush Y. P., Kirsanov A. K. 2017, Calculation of loss volumes and dilution of mineral deposits in near-contact zones. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, issue 19, pp. 5447–5456.
4. Mel'nikov N. N., Busyrev V. M. 2007, *Resursosbalansirovannoye prirodopol'zovaniye: teoriya i metody* [Resource balanced management of natural resources: theory and methods]. Apatity, 110 p.
5. Panfilov Ye. I. 2010, *O probleme povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya mineral'no-syr'yevogo kompleksa Rossii* [On the problem of improving the efficiency of the mineral complex of Russia]. *Marksheyderiya i nedropol'zovaniye* [Mine Surveying and Subsurface Use], no. 5, pp. 8–16.
6. Nezhinsky A. I., Pavlov I. G. 1995, *Metodicheskaya osnova otsenki stoimosti rossiyskikh nedr* [Methodological basis for the valuation of Russian mineral resources]. *Mineral'nyye resursy Rossii* [Mineral resources of Russia], no. 4, pp. 13–18.
7. Mel'nikov N. N., Busyrev V. M. 2001, *Ekonomicheskiye aspekty osvoyeniya mestorozhdeniy Arktiki* [Economic aspects of development of deposits of the Arctic]. Apatity, 156 p.
8. Shaklein S. V., Krekova A. V. 2009, *Spisaniye netselesoobraznykh k otrabotke zapasov i dostovernost' geologicheskogo izucheniya nedr* [Cancellation of inappropriate performing of stocks and the accuracy of geological exploration of mineral resources]. *Marksheyderskiy vestnik Rossii* [Mine Surveying Bulletin], no. 4, pp. 35–38.
9. Shaklein S. V., Rogova T. B. 2010, *Napravleniya sovershenstvovaniya rossiyskoy sistemy otsenki dostovernosti zapasov tvorydykh poleznykh iskopayemykh v kontekste obespecheniya bezopasnosti gornykh rabot* [Directions of improvement of the Russian system of an estimation of reliability of reserves of solid minerals in the context of ensuring safety of mining works]. *Mineral'nyye resursy Rossii* [Mineral resources of Russia], no. 6, pp. 19–24.
10. Scuffham P., Chalmers D., O'Hare D., Wilson E. 2002, Direct and indirect cost of general aviation crashes. *Aviation Space and Environmental Medicine*, vol. 73, issue 9, pp. 851–858.
11. Revich B. A., Sidorenko V. N. 2000, *Metodika otsenki ekonomicheskogo ushcherba zdorovyu naseleniya ot zagryazneniya atmosfernogo vozdukha* [Methods of assessment of economic damage to public health from air pollution]. Moscow, 42 p.
12. Ignat'eva M. N., Litvinova A. A., Loginov V. G. 2010, *Metodicheskiy instrumentariy ekonomicheskoy otsenki posledstviy vozdeystviya gornopromyshlennykh kompleksov na okruzhayushchuyu sredu* [Methodological tools of economic assessment of the impact of mining complexes on the environment]. Ekaterinburg, 168 p.
13. Kozlova O. A., Nifontova R. V., Makarova M. N. 2017, *Metodicheskiye voprosy otsenki ekonomicheskogo ushcherba ot smernosti naseleniya, zanyatogo v ekonomike regiona* [Methodical questions of an assessment of economic damage from mortality of the population employed in economy of the region]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], vol. 13, issue 2, pp. 511–523.
14. Korobitsyn B. A., Kuklin A. A., Manzhurov I. L., Nikulina N. L. 2013, *Otsenka ushcherba ot sokrashcheniya ozhidayemoy prodolzhitel'nosti zhizni v rezul'tate onkologicheskikh zabolevaniy* [Assessment of damage from reduction of expected lifespan in a result of oncological diseases]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], no. 3, pp. 257–264.
15. Yang Z., Liu P., Xu X. 2016, Estimation of social value of statistical life using willingness-to-pay method in Nanjing, China. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 95, pp. 308–316.
16. Boyko Yu. A., Maximov I. A. 2013, *Vliyanie riskov na finansovuyu otsenku gornorudnykh proyektov* [The impact of risks on financial evaluation of mining projects]. *Nedropol'zovaniye – XXI vek* [Subsoil use – 21st century], no. 1, pp. 46–51.
17. Pleskunov I. V., Kunarev P. L. 2013, *Ot Greenfield do stroitel'stva i ekspluatatsii. Proyektnyye riski na raznykh etapakh osvoyeniya mestorozhdeniya* [From Greenfield to construction and operation. Project risks at different stages of field development]. *Nedropol'zovaniye – XXI vek* [Subsoil use – 21st century], no. 1, pp. 62–66.
18. Bezhanov S. K. 2004, *Rol' chastnogo sektora v formirovaniy mineral'no-syr'yevoy bazy Rossii* [The role of the private sector in the formation of the mineral resource base of Russia]. *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and protection of mineral resources], no. 2, pp. 58–62.

The article was received on February 20, 2018