

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ, ФОРМИРУЮЩИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ

О. В. Косолапов, Л. В. Власова

Assessment of the influence factors that form the economic damage

O. V. Kosolapov, L. V. Vlasova

The authors substantiate the relevance of studies on the assessment of the environmental hazard of facilities that have anthropogenic impact on the environment, including mining enterprises, negatively affecting all its constituent elements. The factors of influence along with the factors of perception and state determine the amount of economic damage, so there is a need to predict the level of environmental hazard. The authors propose a method for rapid assessment of environmental hazards, involving the theory of fuzzy sets, taking into account that in addition to the estimated factors that determine the nature of the environmental hazard of the facility, a much larger number of unaccountable factors influence its formation. The article contains a list of fundamental principles and an algorithm for implementing the proposed guidelines. According to the algorithm, one should successively perform the following operations: the choice of factors causing the environmental hazard of the facility, the substantiation of the classifier of the levels of evaluated factors, the recognition of factor levels based on the binary number system, determining the importance of factors, determining the weight of the identified subsets of factors, calculation of the integral indicator characterizing ecological hazard, construction of an environmental hazard classifier, according to which the obtained integral indicator corresponds to a certain level of environmental hazard. For example, according to the proposed step-by-step methodological recommendations, the authors determine the level of environmental hazard of JSC "Southern Mining Processing plant". The performed calculations make it possible to estimate it as average.

Keywords: ecological hazard; factors; classifier; recognition.

Обосновывается актуальность исследований по оценке экологической опасности объектов, оказывающих антропогенное воздействие на окружающую среду, в том числе горных предприятий, отрицательно воздействующих на все составляющие ее элементы. Факторы воздействия наряду с факторами восприятия и состояния определяют размер экономического ущерба, в силу чего возникает необходимость прогнозирования уровня экологической опасности. Авторами предлагается методика экспрессной оценки экологической опасности, предусматривающая обращение к теории нечетких множеств с учетом, что помимо оцениваемых факторов, определяющих характер экологической опасности объекта, на ее формирование оказывает влияние гораздо большее число факторов, которые остаются неучитываемыми. Приводятся перечень основополагающих принципов и алгоритм реализации предлагаемых методических рекомендаций. Согласно алгоритму, последовательно выполняются следующие операции: выбор факторов, обуславливающих экологическую опасность объекта, обоснование классификатора уровней оцениваемых факторов, распознавание уровней факторов на основе двойственной системы счисления, установление значимости факторов, определение весовости выделенных подмножеств факторов, расчет интегрального показателя, характеризующего экологическую опасность, построение классификатора экологической опасности, согласно которому полученный интегральный показатель соответствует тому или иному уровню экологической опасности. Для примера согласно предлагаемой этапности методических рекомендаций выполняется определение уровня экологической опасности ОАО «Южный ГОК». Выполненные расчеты позволяют оценить его как средний.

Ключевые слова: экологическая опасность; факторы; классификатор; распознавание.

Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями антропогенного воздействия на окружающую среду, происходит под влиянием трех групп факторов [1–3]: влияния, восприятия и состояния. Факторы влияния характеризуют уровень загрязнения окружающей среды или ее отдельных элементов; факторы восприятия соотносятся с перечнем реципиентов, воспринимающих отрицательное воздействие загрязнения окружающей среды. Согласно [4], к ним относятся: население, лесные, сельскохозяйственные и рыбохозяйственные угодья, основные фонды промышленных предприятий, рекреационные ресурсы и др. Факторы состояния характеризуют те экономические показатели и параметры, которые дают возможность натуральные показатели переводить в стоимостные.

Предприятия горнопромышленного комплекса в процессе освоения ресурсов недр оказывают негативное антропогенное воздействие на все элементы природной среды; при этом одно из его самых вредных воздействий связано с загрязнением [5, 6]. Загрязнение атмосферы, водных ресурсов и почвы влияют на экологическое состояние фауны и флоры, которые, в свою оче-

редь, определяют благополучие жизнедеятельности человека, ибо основное количество тяжелых металлов попадает в организм человека с пищей [7]. Имеет место и прямое воздействие на человека через загрязненные воздух и воду, и формирование соответствующих отрицательных последствий (рост заболеваемости, инвалидности, смертности) [8–11].

Улучшение экологического состояния окружающей среды требует прогнозирования возможных последствий при освоении ресурсов недр (соответственно определение величины экономического ущерба) с целью обоснования наиболее эффективных путей предотвращения или хотя бы облегчения последних. С этих позиций возникает потребность в оценке экологической опасности источников воздействия, выявления степени устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям и устойчивости человеческих организмов к воздействиям загрязнения.

Актуальность проблемы подтверждает востребованность тематики для проводимых исследований. В частности, несомненную востребованность представляет собой оценка экологической опасности предприятий. Как следует из анализа [12], речь идет о прямом, косвенном и смешанном подходе к оценке экологической опасности предприятий горнопромышленного комплекса. Результатом оценочных процедур выступают показатели, характеризующие экологическую опасность воздействия на отдельные элементы окружающей среды, либо интегральные оценки воздействия. Не меньшую проработку имеет и проблема устойчивости окружающей среды, воспринимающей воздействия. В целом следует констатировать, что методический инструментарий оценки как источников воздействия, так и объектов их восприятия еще не до конца выстроен, и исследования данной направленности продолжают.

Авторами предлагается методика экспрессной оценки экологической опасности антропогенного воздействия на окружающую среду при освоении ресурсов недр, к числу основополагающих принципов которой относятся следующие:

- разделение комплексного воздействия на отдельные составляющие для их последующего анализа;
- оценка наиболее значимых воздействий, формирующихся в процессе производственной деятельности предприятия;
- возможность оценки экологической опасности;
- выбор наиболее достоверных параметров, характеризующих каждый из видов воздействия;
- учет разнозначности воздействий;

– возможность использования экспертного анализа и балльных оценок, обеспечивающих интерпретацию полученных результатов;

– пригодность для широкого использования.

С учетом наиболее частой встречаемости источника воздействия в виде химического загрязнения окружающей среды при недропользовании предлагается методика, используемая в первую очередь для оценки экологической опасности предприятия с позиции химического загрязнения. При экспрессной оценке экологической опасности предприятий и, соответственно, их воздействий на окружающую среду рекомендуется обращение к теории нечетких множеств, так как помимо оцениваемых факторов на характер воздействия оказывает влияние неизмеримо большее их количество, которое не попадает под оценку, т. е. остается неучитываемым. Указанное обстоятельство формирует неопределенность в определении уровня экологической опасности. Адаптация методического подхода А. О. Недосекина [13] к оценке уровня экологической опасности в условиях неопределенности позволяет рекомендовать следующий порядок расчетов:

1. Выбор факторов, обуславливающих интенсивность и агрессивность воздействий на окружающую среду, выделение среди них тех, которые в наибольшей степени влияют на загрязнение атмосферы, гидросферы, и интегральных, оказывающих равнозначное воздействие на все элементы окружающей среды.

2. Обоснование классификатора уровней оцениваемых факторов, при котором критерием разбиения по уровням служат балльные значения факторов. При наличии обширного статистического материала могут быть использованы натуральные показатели, которые устанавливаются на основе построения гистограмм. При этом для каждого из подмножеств обосновываются интервальные границы фактора. В результате получаем классификатор значений факторов, который служит основой разбиения всего множества факторов на подмножества.

Классификатор уровней факторов, баллы.

Характеристика уровня	Очень высокий	Высокий	Средний	Относительно низкий	Низкий
Оценка фактора ...	10–9	8–7	6–5	4–3	2–1

Примечание: максимальное значение баллов, равное 10, характеризует самый экологически опасный фактор.

С учетом классификатора каждому из факторов присваивается балльное значение.

3. Распознавание уровня факторов на основе двойственной системы счисления и их разбиение на подмножества. При этом если фактор критериально соответствует одному из подмножеств, ему присваивается значение 1, а во всех остальных случаях – 0.

4. Установление значимости факторов. При разнозначности их весомость определяется обычно по правилу Фишберна [14]:

$$r_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, \tag{1}$$

где r_i – значимость i -го фактора, N – количество факторов, i – порядковый номер фактора, значимость которого оценивается (при равнозначности факторов r_i определяется как $r_i = 1/N$).

Предлагается весомость факторов определять (вместо правила Фишберна (1)) в соответствии с их значимостью согласно экспертным оценкам [15]:

$$r_i = \bar{x}_i / \sum_{i=1}^N \bar{x}_i, \tag{2}$$

где $\bar{x}_i = 5 - \bar{x}_i$ – средняя балльная оценка значимости i -го фактора, пересчитанная из \bar{x}_i [15] в связи с тем, что в классификаторе уровней факторов максимальное значение баллов соответствует самому экологически опасному фактору, а эксперты выставляли наибольшие баллы самым безопасным, с их точки зрения, факторам.

5. Определение весомости каждого из выделенных подмножеств, соответствующих определенным уровням факторов – γ_j . Величина γ_j рассчитывается по формуле, приведенной в [13]:

$$\gamma_j = 0,9 - 0,2(j - 1), \tag{3}$$

где j – порядковый номер подмножества ($j = 1, \dots, m$); например, при $m = 3$ весомость подмножеств составит:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 0,9 - 0,2(1 - 1) = 0,9; \\ \gamma_2 &= 0,9 - 0,2(2 - 1) = 0,7; \\ \gamma_3 &= 0,9 - 0,2(3 - 1) = 0,5. \end{aligned}$$

6. Построение классификатора экологической опасности предприятия, в котором значение интегрального показателя J_0 отвечает определенному уровню экологической опасности воздействия и, соответственно, экологической опасности предприятия (табл. 1) и оценка уровня экологической опасности предприятия согласно табл. 1.

Таблица 1. Классификатор экологической опасности воздействия (предприятия).

Значение J_0	Уровень экологической опасности
1,0–0,8	Предельно высокая
0,79–0,6	Высокая
0,59–0,4	Средняя
0,39–0,2	Относительно низкая
0,19–0,0	Низкая

7. Расчет интегрального показателя, характеризующего экологическую опасность воздействия:

$$J_0 = \sum_{j=1}^m \gamma_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ji}, \tag{4}$$

где λ_{ji} – суммарное значение факторов j -го подмножества.

Для примера согласно методическим рекомендациям была оценена экологическая опасность ОАО «Южный ГОК». Для оценки экологической опасности предприятия был обоснован перечень оценочных показателей [15]. В их число вошли: тип полезного ископаемого x_1 ; производственная мощность (добыча полезного ископаемого) x_2 ; масса размещаемых отходов x_3 ; интенсивность взрывных работ x_4 ; мощность взрывных работ x_5 ; крепость вмещающих пород x_6 ; глубина залегания подземных вод x_7 ; степень обводненности x_8 ; глубина карьера x_9 ; протяженность транспортировки x_{10} ; общая землеемкость x_{11} ; тип транспортных средств x_{12} . Первые три фактора относятся к числу интегральных; $x_4 - x_6$ – факторы, отражающие воздействие на атмосферу; $x_7 - x_9$ – на гидросферу; $x_{10} - x_{12}$ – на почву. С использованием статистического материала были выполнены классификация факторов и их перевод в балльные показатели.

Классификатор факторов, баллы.

Характеристика степени воздействия ...	Низкая	Относительно низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Оценка фактора	2–1	4–3	6–5	8–7	10–9

Примечание: максимальное значение баллов, равное 10, характеризует самый влиятельный фактор.

Таблица 2. Распознавание факторов.

Фактор	Степень опасности воздействия				
	Низкая	Относительно низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
X_1			1		
X_2				1	
X_3					1
X_4			1		
X_5			1		
X_6				1	
X_7			1		
X_8			1		
X_9	1				
X_{10}				1	
X_{11}				1	
X_{12}			1		
Итого λ		1	6	5	

Характеристика оцениваемых факторов на ОАО «Южный ГОК»: интегральные (x_1, x_2, x_3) – 6; 7; 8; факторы воздействия на атмосферу (x_4, x_5, x_6) – 6; 6; 8; факторы воздействия на гидросферу (x_7, x_8, x_9) – 5; 5; 4; факторы воздействия на почву (x_{10}, x_{11}, x_{12}) – 8; 7; 6.

В табл. 2 выполнено распознавание степени экологической опасности факторов.

Результаты пересчета и расчета r_i приведены в табл. 3.

Далее осуществляется определение весомости подмножеств, соответствующих определенной степени фактора $\gamma_i = 0,9 - 0,2(j - 1)$, где j – порядковый номер подмножества при $m = 5$:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 0,9 - 0,2(1 - 1) = 0,9; \\ \gamma_2 &= 0,9 - 0,2(2 - 1) = 0,7; \\ \gamma_3 &= 0,9 - 0,2(3 - 1) = 0,5; \\ \gamma_4 &= 0,9 - 0,2(4 - 1) = 0,3; \\ \gamma_5 &= 0,9 - 0,2(5 - 1) = 0,1. \end{aligned}$$

Интегральный показатель J_j в этом случае составил:

$$J_j = 1/38,70 [0,1 \cdot 0 + 0,3 \cdot 3,57 + 0,5 (3,86 + 3,43 + 3,43 + 3,21 + 3,07 + 2,71) + 0,7 (3,64 + 3,50 + 3,07 + 2,64 + 2,57) + 0,9 \cdot 0] = 0,561.$$

Согласно классификатору (табл. 1) экологическая опасность ОАО «Южный ГОК» оценивается как средняя.

Таблица 3. Оценка весомости факторов.

Фактор	Номер фактора по [15]	Место фактора по значимости [15]	\bar{x}_i	\bar{x}'_i	r_i
X_1	8	1	1,14	3,86	0,09974
X_2	5	2	1,36	3,64	0,09406
X_9	14	3	1,43	3,57	0,09225
X_{10}	1	4	1,50	3,50	0,09044
X_4	4	5	1,57	3,43	0,08863
X_5	12	6	1,57	3,43	0,08863
X_7	9	7	1,79	3,21	0,08295
X_3	7	8	1,93	3,07	0,07933
X_{12}	15	9	1,93	3,07	0,07933
X_8	17	10	2,29	2,71	0,07003
X_{11}	11	11	2,36	2,64	0,06822
X_6	13	12	2,43	2,57	0,06641
				38,70	1

ЛИТЕРАТУРА

1. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Яковлев А. Ф. Экономика и качество окружающей среды. М.: Гидрометеиздат, 1984. 190 с.
2. Игнат'ева 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.
3. Рюмина Е. В. Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. М.: Наука, 2009. 331 с.
4. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиненного народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986. 96 с.
5. Семьячков А. И., Игнат'ева М. Н., Литвинова А. А. Выявление и типология последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2008. 90 с.
6. Михайлов Ю. В., Коворова В. В., Морозов В. Н. Горнопромышленная экология. М.: Изд. центр «Академия», 2011. 336 с.
7. Об особенностях миграции тяжелых металлов в системе «почва–растение» / М. П. Коземчук [и др.] // Материалы I Урал. Междунар. экологич. конгресса. Екатеринбург: УГГУ, Ин-т экономики УрО РАН, 2007. С. 15–17.
8. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 2001. 672 с.
9. Ревич Б. А., Сидоренко В. Н. Экономические последствия воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения / отв. ред. В. М. Захаров, С. Н. Бобылев. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 56 с.
10. Эколого-экономический анализ, программное обеспечение и снижение эколого-экономического ущерба / В. Г. Лисиенко [и др.]. Екатеринбург, УГТУ – УПИ, 2005. 310 с.
11. Козлова Н. И. Социально-экономические проблемы, оценка ущерба от радиационной чрезвычайной ситуации. Курган: Изд-во Кург. гос. ун-та, 2004. 253 с.
12. Косолапов О. В., Игнат'ева М. Н. Методические подходы к оценке экологической опасности предприятий // Изв. УГГУ. 2015. № 4. С. 75–82.
13. Недосекин А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук. СПб., 2004. URL: http://www.mirkin.ru/-docs/doctor005/pd/
14. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. 352 с.
15. Косолапов О. В., Власова Л. В. Совершенствование прогноза экономического ущерба при освоении ресурсов недр // Изв. УГГУ. 2015. № 4. С. 93–98.

REFERENCES

1. Balatskiy O. F., Mel'nik L. G., Yakovlev A. F. 1984, *Ekonomika i kachestvo okruzhayushchey sredy* [Economy and quality of the environment], Moscow, 190 p.
2. Ignat'eva M. N., Litvinova A. A., Loginov V. G. 2010, *Metodicheskiy instrumentariy ekonomicheskoy otsenki posledstviy vozdeystviya gomopromyshlennykh kompleksov na okruzhayushchuyu sredyu* [Methodological toolkit for economic evaluation of the impact of mining complexes on the environment], Ekaterinburg, 168 p.
3. Rymina E. V. 2009, *Ekonomicheskiy analiz ushcherba ot ekologicheskikh narusheniy* [Economic analysis of damage from environmental violations], Moscow, 331 p.
4. 1986, *Vremennaya tipovaya metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti osushchestvleniya prirodookhrannykh meropriyatiy i otsenki ekonomicheskogo ushcherba, prichinnennogo narodnomu khozyaystvu zagryazneniem okruzhayushchey sredy* [Temporary standart methodology for determining the economic efficiency of implementing environmental measures and assessing the economic damage caused to the economy by environmental pollution.], Moscow, 96 p.
5. Semyachkov A. I., Ignat'eva M. N., Litvinova A. A. 2008, *Vyyavlenie i tipologiya posledstviy vozdeystviya gomopromyshlennykh kompleksov na okruzhayushchuyu sredyu* [Identification and typology of the impact of mining complexes on the environment], Ekaterinburg, 90 p.
6. Mikhaylov Yu. V., Kovorova V. V., Morozov V. N. 2011, *Gornopromyshlennaya ekologiya* [Mining industry ecology], Moscow, 336 p.
7. M. P. Kozemchuk et al. 2007, *Ob osobennostyakh migratsii tyazhelykh metallo v sisteme «pochva–rastenie»* [On the peculiarities of migration of heavy metals in the soil-plant system]. *Materialy I Ural. Mezhdunar. ekologich. kongressa* [Materials of the I Ural international ecological congress], Ekaterinburg, pp. 15–17.
8. Protasov V. F. 2001, *Ekologiya, zdorov'e i okhrana okruzhayushchey sredy v Rossii* [Ecology, health and environmental protection in Russia], Moscow, 672 p.
9. Revich B. A., Sidorenko V. N. 2007, *Ekonomicheskie posledstviya vozdeystviya zagryaznennoy okruzhayushchey sredy na zdorov'e naseleniya* [Economic consequences of the impact of the polluted environment on the health of the population], Moscow, 56 p.
10. V. G. Lisienko et al. 2005, *Ekologo-ekonomicheskiy analiz, programnoe obespechenie i snizhenie ekologo-ekonomicheskogo ushcherba* [Ecological and economic analysis, software and reduction of environmental and economic damage], Ekaterinburg, 310 p.
11. Kozlova N. I. 2004, *Sotsial'no-ekonomicheskie problemy, otsenka ushcherba ot radiatsionnoy chrezvychaynoy situatsii* [Socio-economic problems, assessment of damage from radiation emergency], Kurgan, 253 p.
12. Kosolapov O. V., Ignat'eva M. N. 2015, *Metodicheskie podkhody k otsenke ekologicheskoy opasnosti predpriyatiy* [Methodical approaches to the assessment of environmental hazards of enterprises]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4, pp. 75–82.

13. Nedosekin A. O. 2004, *Metodologicheskie osnovy modelirovaniya finansovoy deyatel'nosti s ispol'zovaniem nechetko-mnozhestvennykh opisaniy: dis. ... d-ra ekon. nauk* [Methodological basis for modeling financial activities using fuzzy-multiple descriptions: dissertation of Doctor of Economical sciences], St. Petersburg. Available at: <http://www.mirkin.ru/-docs/doctor005/pd/>

14. Fishbern P. 1978, *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniy* [Theory of utility for decision-making], Moscow, 352 p.

15. Kosolapov O. V., Vlasova L. V. 2015, *Sovershenstvovanie prognoza ekonomicheskogo ushcherba pri osvoenii resursov nedr* [Improvement of the forecast of economic damage in the development of mineral resources]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4, pp. 93–98.

Олег Вениаминович Косолапов,
Управление Росприроднадзора по Республике Хакасия,
Россия, Республика Хакасия,
Абакан, ул. Хакасская, 21

Oleg Veniaminovich Kosolapov,
Russian Environmental Control
Abakan, Khakassia, Russia

Людмила Витальевна Власова,
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург

Ludmila Vital'evna Vlasova,
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia