

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГНОЗА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ОСВОЕНИИ РЕСУРСОВ НЕДР

Косолапов О. В., Власова Л. В.

В статье обосновывается необходимость оценки устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям и экологической опасности предприятий, оказывающих воздействия, в целях повышения достоверности прогноза последствий, а, следовательно, и экономического ущерба, учитываемых при принятии управленческих решений относительно освоения ресурсов недр. Осуществляется отбор факторов, характеризующих экологическую опасность горного предприятия при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. В процессе математической обработки материала экспертного опроса из первоначального числа, определяемого 17 факторами, отсеивается 5 факторов. Оставшиеся 12 факторов рекомендуются к использованию, как наиболее согласованные, по результатам экспертного опроса.

Ключевые слова: *экономический ущерб; воздействия; последствия; экологическая опасность; факторы.*

В современных условиях при переходе к устойчивому развитию выбор варианта освоения минерально-сырьевого потенциала во многом зависит от формирующихся при эксплуатации месторождений социальных и экологических последствий. В свою очередь характер экологических последствий определяется устойчивостью ландшафтов к антропогенным воздействиям и экологической опасностью предприятий, в процессе производственной деятельности которых формируются воздействия.

Горнопромышленный комплекс – это один из крупнейших источников негативного воздействия на окружающую среду [1]. По временному интервалу выделяют *постоянные* и *временные* воздействия. Постоянные воздействия проявляются безостановочно (без перерыва), временные – через определенные промежутки. По характеру обратимости воздействия подразделяются на *обратимые* и *необратимые*. Обратимые воздействия предполагают возможность самовосстановления и самоочищения, необратимые вызывают разрушение экосистемы с необратимыми последствиями. По направленности воздействия могут быть *стихийные* и *целенаправленные*. К числу целенаправленных воздействий относятся те, которые заранее определены проектными решениями, стихийные воздей-

ствия обычно не предсказуемы и возникают в процессе эксплуатации объекта. Целенаправленные воздействия, как правило, носят эволюционный характер, сопровождают производственный процесс в течение всего временного периода и приводят к постепенному изменению качества окружающей среды. Стихийные воздействия имеют место при аварийных ситуациях, вызывающих резкое и внезапное ухудшение качества окружающей среды.

Горнопромышленный комплекс оказывает практически на все элементы окружающей среды (литосферу, гидросферу, атмосферу) существенные негативные воздействия, которые распространяются на значительные территории. Естественно, что в каждом конкретном случае воздействия отличаются друг от друга видом, силой, продолжительностью, и в конечном итоге – величиной (силой) последствий. Как следует из результатов исследования, открытый способ разработки оказывает наибольшее техногенное воздействие на окружающую среду по сравнению с подземным способом разработки.

При открытых работах наиболее значимые воздействия на землю оказываются карьерным пространством, отвалами вскрышных пород и шламохранилищами, при подземном способе обработки – зонами обрушения. На

недра при открытых работах воздействие оказывается в виде нарушения ландшафта местности чашами карьеров, при подземном способе – образованием пустот в недрах. Загрязнение атмосферы при открытых работах вызывается в первую очередь взрывными работами, технологическим газообразованием и пылеуносом с отвалов, при подземных работах – выделением газов при отработке и технологическом газообразовании. Загрязнение водного бассейна в основном вызывают дренажные и шахтные воды, при этом для обоих способов разработки характерно нарушение гидродинамического режима вод. В целом при открытом способе разработки наиболее значимым воздействием является загрязнение атмосферы и нарушение земной поверхности, при подземном способе разработки – нарушение напряженно-деформированного состояния горного массива и загрязнение подземных вод.

Геохимическое воздействие горнодобывающих комплексов на окружающую среду связано в первую очередь с загрязнением тяжелыми металлами, потоки которых поступают в окружающую среду с пылевыми выбросами, со сбросами сточных вод, с атмосферными и гидрогенными потоками от техногенно-минеральных образований [2, 3]. Виды металлов обусловлены главным образом содержанием металлов в рудном сырье, а в конечном итоге – ассоциацией металлов в геологических и рудных формациях разрабатываемых месторождений. Так, для территории Урала, например, выделяются формации месторождений железа, меднорудных и золоторудных месторождений, а также формации экзогенных месторождений. Существенная роль в оказании воздействия на окружающую среду принадлежит отходам (техногенно-минеральные образования).

Прогноз возможных воздействий позволяет оценивать прогнозируемые последствия и экономический ущерб [4–6], обусловленный экономическими, экологическими и социальными последствиями. Достоверность прогнозируемых воздействий, наносящих вред окружающей среде, здоровью населения

и материальным объектам, оказывается тем выше, чем полнее информация об объекте воздействия. Оценка экологической опасности объекта, в лице которого выступает горное или горно-обогатительное предприятие, требует обоснования системы факторов, характеризующих это предприятие. Первоначальный состав факторов для условий открытой разработки месторождения включает в себя:

- тип транспортных средств;
- тип взрывных веществ;
- физическое состояние отходов;
- интенсивность взрывных работ;
- протяженность транспортировки;
- тип погрузочных средств;
- площадь размещения отходов;
- тип полезного ископаемого;
- глубина залегания подземных вод;
- водоёмкость;
- землеёмкость;
- рельеф местности;
- степень обводнённости;
- глубина карьера;
- скорость распространения колебаний в недрах;
- крепость вмещающих пород;
- производственная мощность карьера.

В оценке значимости вышеперечисленных факторов приняли участие 20 экспертов. Факторы оценивались по пятибалльной шкале; наиболее значимые факторы получили оценку «1», наименее значимые – «5». Согласно полученным данным были определены средние значения баллов для каждого показателя \bar{x}_i , а также средние абсолютные отклонения $\Delta|\bar{x}_i|$, что позволило оценить согласованность оценок экспертов по каждому признаку и выделить наиболее важные факторы с точки зрения данных экспертов. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

По приведенным данным была рассчитана мера согласованности (E_n) оценок 20 экспертов на заданной шкале оценок $[q, Q]$:

$$E_n = 1 - \frac{2 \sum_i^n \sum_j^m |x_{ij} - x_i|}{mn(Q-q)}, \quad (1)$$

где m – число экспертов; n – число оцениваемых факторов; x_{ij} – оценка i -го фактора j -м

экспертом в баллах; $q = 1$, $Q = 5$. Если $E_n = 1$, значит эксперты единодушны в своих оценках [7].

Мера согласованности оценок 20 экспертов была вычислена по формуле (1) как для всех 17 показателей, так и для меньшего

Таблица 1

Анализ экспертных оценок 20 экспертов

Показатели	Среднее значение оценки фактора \bar{x}_i , баллов	Среднее абсолютное отклонение фактора $\Delta \bar{x}_i $	Место показателя по согласованности оценок экспертов	Место фактора по его значимости
Тип транспортных средств	1,50	0,55	7	3
Тип взрывчатых веществ	3,10	1,02	14	14
Физическое состояние отходов	3,35	0,89	13	16
Интенсивность взрывных работ	1,75	0,60	9	7
Протяженность транспортировки	1,55	0,61	10	4
Тип погрузочных средств	3,00	1,10	16–17	13
Площадь размещения отходов	1,95	0,38	1–2	8–9
Тип полезного ископаемого	1,35	0,46	3	1
Глубина залегания подземных вод	1,70	0,49	4	6
Водоёмкость	3,40	1,10	16–17	17
Землеёмкость	2,30	0,62	11	11
Рельеф местности	1,60	0,72	12	5
Степень обводнённости	2,65	0,59	8	12
Глубина карьера	1,45	0,50	5–6	2
Скорость распространения колебаний в недрах	1,95	0,38	1–2	8–9
Крепость вмещающих пород	3,25	1,08	15	15
Производственная мощность карьера	2,20	0,50	5–6	10

их числа, при этом показатели отбрасывались в соответствии с их местом по согласованности оценок экспертов, т. е. оставались наиболее согласованные факторы. Результаты расчетов приведены в табл. 2 и представлены на

рис. 1. Как и ожидалось, мера согласованности оценок довольно быстро уменьшается с ростом числа оцениваемых показателей, при этом зависимость E_n от n оказалась близка к линейной.

Таблица 2

Мера согласованности оценок 20 экспертов в зависимости от числа факторов

Число факторов n	2	4	6	8	10	12	14	16	17
Мера согласованности E_n	0,81	0,787	0,775	0,760	0,748	0,734	0,704	0,673	0,66

Далее было проанализировано изменение средних значений и средних абсолютных отклонений, а, следовательно, и согласованности оценок по признаку, а также рейтинга важности факторов в зависимости от числа экспертов, участвующих в экспер-

тизе.

Для этого были найдены средние значения абсолютных отклонений по всем 17 показателям для j -го эксперта $|\Delta\bar{x}_j|$. Результаты этих расчетов и рейтинг каждого эксперта по согласованности представлены в табл. 3.

Таблица 3

Рейтинг экспертов по согласованности их оценок друг с другом

Номер эксперта	Среднее значение абсолютных отклонений для j -го эксперта	Место j -го эксперта по согласованности с остальными экспертами
1	0,391	1
2	0,462	3
3	0,915	19–20

Номер эксперта	Среднее значение абсолютных отклонений для j -го эксперта	Место j -го эксперта по согласованности с остальными экспертами
4	0,615	5
5	0,679	12–13
6	0,662	9
7	0,621	6
8	0,556	4
9	0,803	15
10	0,809	16–17
11	0,909	18
12	0,674	11
13	0,403	2
14	0,650	8
15	0,809	16–17
16	0,915	19–20
17	0,750	14
18	0,632	7
19	0,668	10
20	0,679	12–13

В соответствии с рейтингом были оставлены оценки наиболее согласованных друг с другом 17, 14, а затем 7 экспертов. Были выполнены те же расчеты, что и для всех 20 экспертов, и опре-

делена мера согласованности оценок данного числа экспертов (по всем 17 факторам) по формуле (1). Результаты расчетов меры согласованности оценок приведены в табл. 4 и на рис. 2.

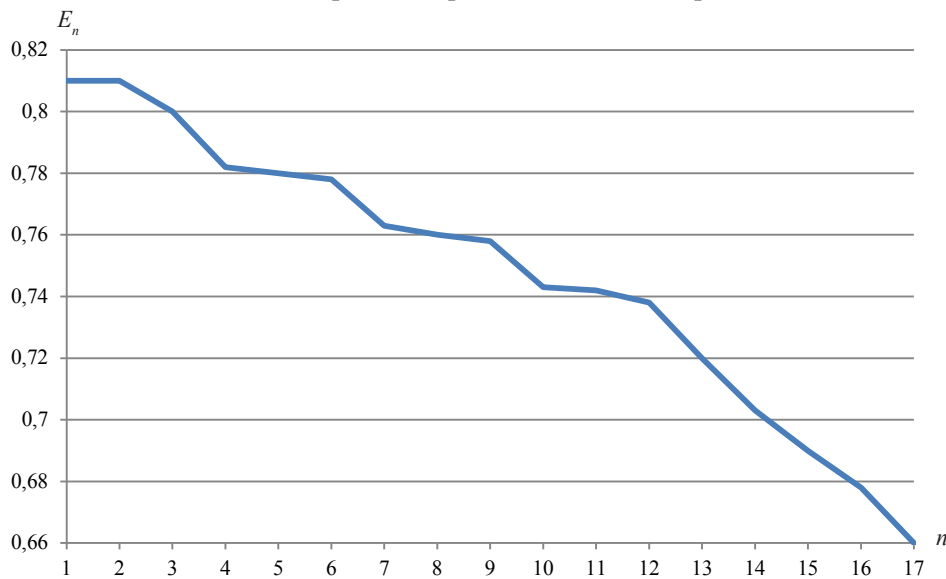


Рис. 1. Зависимость меры согласованности оценок 20 экспертов от числа наиболее согласованных оцениваемых факторов

Таблица 4

Мера согласованности оценок 17 показателей в зависимости от числа экспертов

Число экспертов m	1	7	14	17	20
Мера согласованности E_m	1	0,764	0,703	0,683	0,660

Падение меры согласованности оценок с увеличением числа экспертов происходит примерно по экспоненциальной кривой, т. е.

сначала (при малом числе экспертов) добавление каждого следующего эксперта очень резко снижает меру согласованности оценок,

а с увеличением общего числа экспертов добавление следующего эксперта гораздо меньше влияет на меру согласованности оценок.

В табл. 5–6 приведены рейтинги показате-

телей по согласованности их оценок и по их значимости соответственно для различного числа наиболее согласованных между собой экспертов.

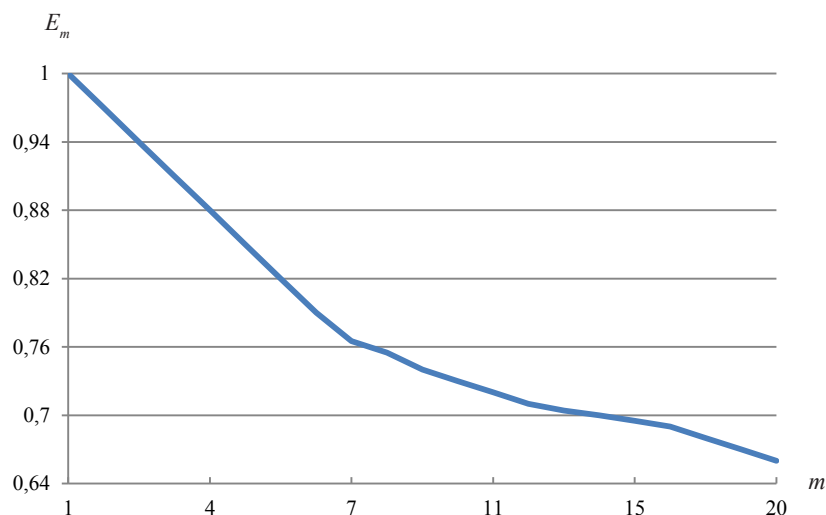


Рис. 2. Зависимость меры согласованности оценок 17 факторов от числа наиболее согласованных друг с другом экспертов

Таблица 5

Рейтинг факторов по согласованности их оценок экспертами

Число экспертов, участвовавших в опросе	20	17	14
Факторы в порядке убывания согласованности их оценок экспертами	7, 15	7	1, 5
	8	15	9
	9	8	5
	14	9	8
	17	17	4, 13, 14
	1	13, 14	17
	13	1, 4	1
	4	11	11
	5	5	12
	11	12	10
	12	2	16
	3	3	3, 6
	2	10	2
	16	16	
	6, 10	6	

Таблица 6

Рейтинг факторов по их значимости, оцененной экспертами

Число экспертов, участвовавших в опросе	20	17	14
Факторы в порядке убывания их значимости по оценкам экспертов	8	8	8
	14	1	5
	1	14	14
	5	5	1
	12	4, 12	4, 12
	9	9	9
	4	7	7, 15
	7, 15	15	17
	17	17	11
	11	11	13
	13	13	6
	6	6	2, 10, 16
	2	2	3
	16	16	
	3	10	
	10	3	

Как следует из табл. 5–6, с достаточной достоверностью можно считать наименее важными факторы 2, 3, 6, 10 и 16, которые могут не рассматриваться далее. Отбор наиболее значимых факторов и их использование

при оценке степени экологической опасности объектов антропогенного воздействия на окружающую среду позволяет повысить обоснованность результатов оценочных работ и снизить трудоёмкость их выполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семячков А. И., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Выявление и типология последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: ИЭУрОРАН, 2008. 90 с.
2. Воин М. И. Геохимическая составляющая экологии горнорудных районов. М: Геоинформарк, 1992. 44 с.
3. Емлин Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 253 с.
4. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Экономика региона. 2013. № 33. С. 158–166.
5. Игнатъева М. Н., Литвинова А. А., Косолапов О. В. К методическому обеспечению прогнозирования

экологических последствий воздействия добычи нефти и газа в северных регионах // Изв. вузов. Горный журнал. 2011. № 7. С. 70–76.

6. Экономическая оценка вреда, причиняемого арктическим экосистемам при освоении нефтегазовых ресурсов / М. Н. Игнатъева [и др.] // Экономика региона. 2014. № 1. С. 102–111.

7. Экспертные оценки в социологических исследованиях / С. Б. Крымский [и др.]. Киев: Наукова Думка, 1990. 320 с.

Косолапов Олег Вениаминович – кандидат экономических наук, руководитель Управления Росприроднадзора по Республике Хакасия. 655012, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Хакасская, 21. E-mail: nedra1958@mail.ru

Власова Людмила Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.