

Волотковская Ю. А.,  
ассистент кафедры прикладной экономики, Национальный горный университет, г. Днепропетровск

## АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Содержание терриконов на современном этапе невыгодно не только для горнодобывающих предприятий, на балансе которых они находятся, но и для государства, особенно в случае закрытия шахт или их приватизации частным инвестором. Со временем расходы на содержание терриконов только увеличиваются из-за роста экологических проблем. Целью данной статьи является разработка алгоритма оценки, который позволит избежать социальных и экономических проблем, которые возникают при закрытии основного горнодобывающего предприятия региона, а также ряда экологических проблем, возникающих при разработке техногенного месторождения. Для реализации данной цели необходимо систематизировать направления использования углепромышленных отходов по отраслям народного хозяйства и дифференцировать токсичность примесей, содержащихся в породах террикона.

**Ключевые слова:** инвестиции, техногенные месторождения, токсичность отходов, рентные платежи за загрязнение окружающей среды, специальное разрешение на добычу полезных ископаемых, аукцион.

*Volotkovs'ka Y. O.*

*Assistant of the Department of Applied Economics, National Mining University, Dnepropetrovsk*

## ALGORITHM FOR ESTIMATING TECHNOGENIC DEPOSIT

**Abstract.** The maintenance of slagheaps at the present stage is not beneficial not only for the mining companies, on the balance sheet of which they are kept, but also for the state, especially in case of mine closures or their privatization by the private investors. Over time, the cost of maintaining slagheaps increase because of rising environmental concerns. The purpose of this article is to develop estimation algorithm that allows to avoid social and economic problems that occur in case of closing the main coal-mining enterprise in the region, as well as a number of environmental problems that occur in case of exploitation of technogenic deposits. To achieve this goal it is necessary to systematize the ways of use of coal-mining waste by sectors of the national economy and differentiate the toxicity of impurities contained in the rock formations of slagheaps.

**Keywords:** investment, technogenic deposits, toxicity of waste, rental taxes for environmental pollution, special permission for mining mineral resources, auction.

**Постановка проблемы.** В условиях истощения природных месторождений полезных ископаемых особую актуальность приобретают вопросы эффективности инвестиций в разработку техногенных месторождений. В соответствии с законодательством Украины и согласно требованиям Государственной службы геологии и недр Украины [1] экономическое обоснование целесообразности разработки техногенного месторождения основывается на методике оценки инвестиций, которое действует для всех месторождений. Отдельной методики для оценки техногенных месторождений нет.

В результате реструктуризации угольной промышленности Украины с целью улучшения ее работы и экономики Украины в целом предлагается закрыть нерентабельные шахты, а остальные – приватизировать частным инвесторам. Породные отвалы, которые в данный момент находятся на балансе государственных шахт, при их закрытии будут продолжать содержаться за средства государс-

тва, а при приватизации не могут представлять инвестиционный интерес для частных инвесторов, так как требуют регулярных расходов на их обслуживание.

Со временем земли, прилегающие к терриконам, становятся все менее пригодными для их использования как в сельскохозяйственной отрасли, так и в промышленном и гражданском строительстве. Если не предпринимать никаких мер по защите окружающей природной среды, то через несколько десятилетий большая часть этих земель станет окончательно непригодной для использования в народном хозяйстве в предстоящие несколько столетий. Кроме долгосрочных перспектив негативного воздействия на близлежащие территории, терриконы наносят также повседневный вред окружающей среде: при самовозгорании они выделяют в атмосферу токсичные соединения, что приводит к ухудшению общей экологической ситуации региона.

Основным фактором, влияющим на выведение из эксплуатации пригодных земель, является токсичность микроэлементов в окружающей среде (воздух, грунты, водоемы).

Таким образом, на сегодняшний день актуальной задачей является полная утилизация породных отвалов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** На сегодняшний день существует ряд как отечественных, так и зарубежных методик экономической оценки месторождений. Данные методики имеют ряд различий в их использовании для оценки целесообразности разработки техногенных месторождений.

Вопросам повышения эффективности использования отходов угольной добычи посвящены труды В. В. Харченко [3], Ю. П. Ампилова [4], С. М. Попова, А. В. Мяскова [5] и других ученых. Вместе с тем, ряд методологических вопросов, связанных с эколого-экономической оценкой использования твердых отходов угледобычи в регионах закрытия угольных шахт в условиях рыночных преобразований, до настоящего времени не решены.

Так, А. В. Жура и С. Б. Никитищев предлагают проводить анализ инвестиционной привлекательности и выявление технологических рисков, связанных с освоением месторождения, с помощью экспертной оценки, которая изучает, как данный фактор влияет на NPV проекта, IRR, сроки окупаемости [2].

К. Г. Пугин [6, 7] в своих работах предложил механизм эколого-экономической оценки вариантов использования твердых отходов черной металлургии.

В результате анализа существующих методов оценки месторождений в Украине и за рубежом было выявлено отсутствие в них оценки экологической составляющей будущей товарной продукции. Однако из-за большого количества примесей, часть из которых является токсичными или вредными, данная проблема особенно актуальна. Попадание таких примесей в товарную продукцию в лучшем случае приводит к потере товарных свойств, а в худшем - наносит непоправимый вред конечным потребителям. При наличии таких примесей товарная продукция не может использоваться в тех отраслях промышленности, где она изначально планировалась.

Так, при извлечении угля из отвалов угледобычи вредными примесями выступают токсичные и потенциально токсичные элементы (Hg, As, Be, F, Pb, V, Ni, Cr, Mn); а также технологически вредные (S, P, As, Cl), при этом полезными или ценными будут выступать Ge, U, Ga, Pb, Zn, Mo, Se, Au, Ag [8].

**Постановка задания.** На основании изучения микроэлементов, слагающих породы терриконов ГП "Львовуголь" можно сказать, что целью данной работы является разработка алгоритма эколого-экономической оценки техногенного месторождения. При этом рассматриваются особенности геологического и химического состава, а также токсично-

сть элементов, содержащихся в породах террикона. Для реализации данной цели необходимым является решение следующих задач:

- систематизация направления использования углепромышленных отходов по отраслям народного хозяйства;
- дифференциация токсичности примесей, содержащихся в породах террикона;
- разработка алгоритма эколого-экономической оценки, который позволит систематизировать оценку техногенных месторождений для выдачи специальных разрешений на добычу полезных ископаемых через аукцион.

Изложение основного материала исследования. Стоимость природных ресурсов на дату оценки в соответствии с методикой Кабмина рассчитывается как чистый дисконтированный денежный поток (ЧДДП), накопленный за весь период будущей деятельности по оцениваемому геологическому объекту [1]:

$$\text{ЧДДП} = \sum_{t=1}^T \frac{[(D_t - B_t) - P_t] + A_t}{(1 + E_t)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + E_t)^t} \quad (1)$$

где  $E$  - норма дисконта;  $D_t$  - годовой доход (выручка) от реализации товарной продукции в  $t$ -м году;  $B_t$  - эксплуатационные расходы в  $t$ -м году, включая амортизационные отчисления;  $P_t$  - размер налогов и обязательных платежей в  $t$ -м году, не входящих в эксплуатационные расходы;  $A_t$  - амортизационные отчисления в  $t$ -м году;  $K_t$  - капитальные инвестиции в  $t$ -м году;  $T$  - срок пользования недрами оцениваемого геологического объекта для добычи полезных ископаемых.

При этом собственник угледобывающего предприятия, который обслуживает террикон, в соответствии с требованиями украинского законодательства не может производить добычу полезных ископаемых из-за отсутствия их оценки и без оформления разрешения.

Следует отметить, что помимо угля и пустой породы в угольных отвалах содержатся породы, из которых возможно изготовление различного вида товарной продукции. Кроме того, пустую породу можно использовать при строительстве автодорог или изготовлении бетона. Сланцы, находящиеся в отвалах, применяются в сельском хозяйстве, а отходы угледобычи - в металлургии, керамической, лакокрасочной и химической промышленности. Вовлечение породных отвалов в хозяйственную деятельность создает благоприятные условия для трудоустройства местного населения, в основном работников, сокращенных в результате реструктуризации угледобывающей отрасли.

При определении ценности техногенного месторождения основную роль играет направление использования отходов, которое, в свою очередь, зависит от химического и литологического состава террикона, токсичности слагающих его элементов.

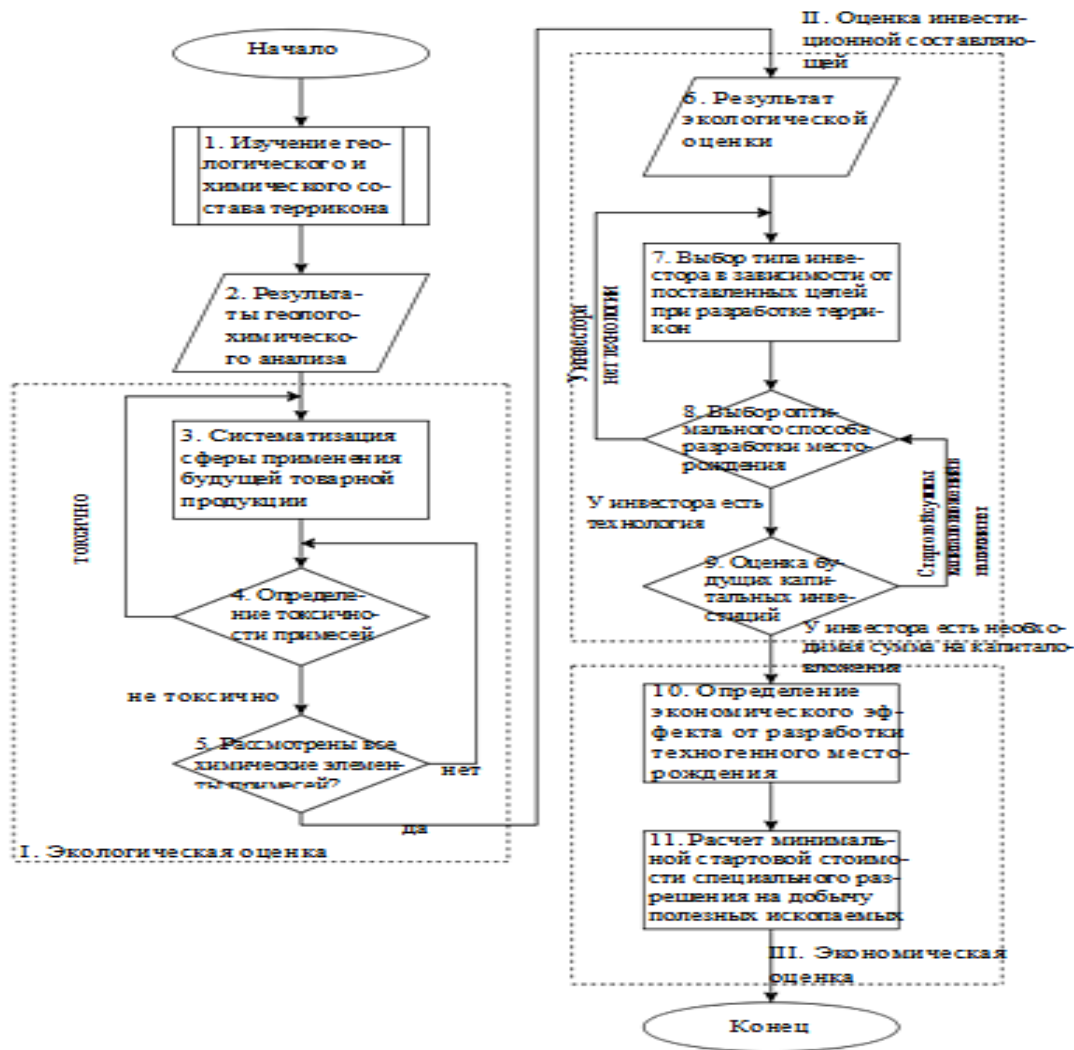


Рис. 1. Алгоритм эколого-экономической оценки техногенного месторождения (построено автором)

Механизм расчета минимальной стартовой стоимости специального разрешения на добычу полезных ископаемых из техногенного месторождения как основная составляющая алгоритма эколого-экономической оценки техногенного месторождения приведен на рис. 1.

В целом весь алгоритм поделен условно на три стадии, каждая из которых имеет свои этапы. Сама оценка базируется на результатах геолого-химического анализа террикона (этап 1), который содержит в себе исследования состава террикона с помощью химического анализа состава террикона, спектрального, флотационного, рентгеноструктурного и прочих исследований.

Например, породы в отвалах шахт ГП “Львовуголь” содержат марганец, олово, медь, хром, кобальт, а также редкие металлы, такие как германий, иттрий, иттербий (табл. 1). На рис. 2-4 на примере олова, свинца и марганца показано превышение химических элементов, содержащихся в породах терриконах четырех шахт, по сравнению с кларковым содержанием (в соответствии с кларками А. П. Виноградова, 1962).

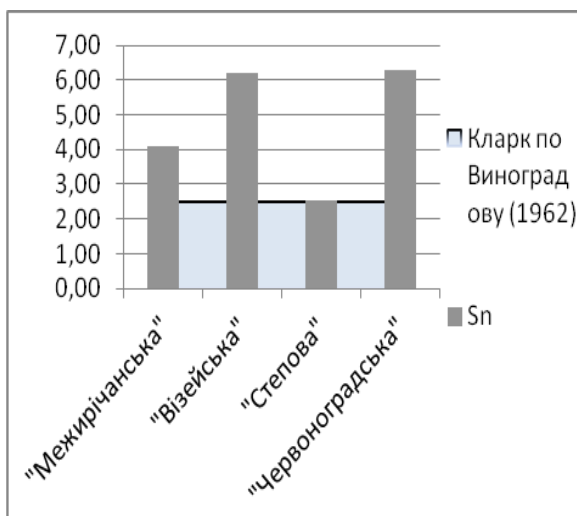


Рис. 2. Содержание олова в терриконах ГП “Львовуголь”

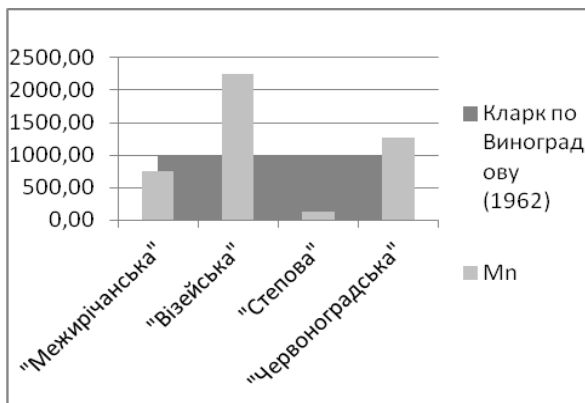


Рис. 3. Содержание марганца в терриконах ГП "Львовуголь"

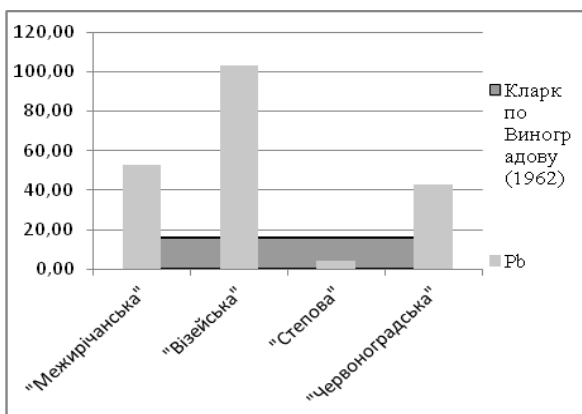


Рис. 4. Содержание свинца в терриконах ГП "Львовуголь".

На рис. 5 приведено содержание основных примесей анализируемых терриконов в процентном содержании к кларку А. Виноградова без кобальта, который превышает в 100 раз кларковое число в терриконе шахты "Червоноградская".

При оценке техногенного месторождения использование кондиций полезных ископаемых, которое применяется в методологии, утвержденной законодательно, неприемлемо. Это связано с тем, что большая часть кондиционных полезных ископаемых были извлечены из пород еще во время разработки природного месторождения как основная или попутная продукция.

Приведенный выше перечень элементов (табл. 1) является далеко неполным, хотя и включает основные примеси, содержащиеся в терриконах Львовско-Волынского бассейна.

Повышение комплексности использования месторождений за счет более полной отработки различных видов попутных полезных ископаемых, а также извлечения сопутствующих компонентов позволит решить сразу несколько проблем:

- использование техногенных отходов;
- уменьшение экологической нагрузки при отработке месторождений (за счет сокращения площадей, занимаемых техногенным месторождением, токсичных выбросов в воздух и грунтовые воды);

- повышение рентабельности горнодобывающих предприятий (если террикон будет разрабатывать собственник природного месторождения);
- решение социальной проблемы за счет трудоустройства населения (создание дополнительных рабочих мест).

На стадии экологической оценки (этап 3) в алгоритме предлагается систематизировать направления использования пород террикона по следующим отраслям: строительство, сельское хозяйство, металлургия, керамика и лакокрасочная промышленность, химическая промышленность. Причем в каждой отрасли отдельно рассматриваются сферы применения пород террикона (см. табл. 1). Данная классификация предложена с целью ограничить влияние вредных примесей на конечную товарную продукцию.

На следующих этапах (4-5) предлагается в непрерывном цикле рассмотреть все примеси, присутствующие в породах террикона, с условной оценкой их токсичности. Для упреждения попадания токсичных элементов в товарную продукцию для малотоксичных примесей присваивается коэффициент «-1», а для высокотоксичных – «-10». При этом определении степени токсичности примесей на этапе 3 предлагаем использовать шкалу:

- полезное – «1»;
- нейтральное – «0»;
- малотоксичное – «-1»;
- сильно токсичное – «-10».

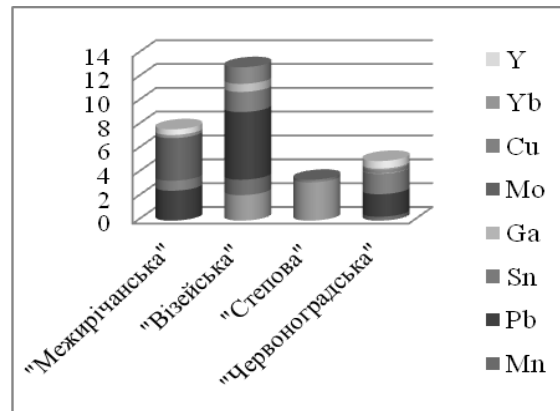


Рис. 5. Содержание основных примесей в терриконах ГП "Львовуголь" в процентном содержании к кларку А. Виноградова

Такая классификация позволит дифференцировать вредные и токсичные примеси в конечном товарном продукте. Фрагмент применения классификации токсичности приведен в табл. 1. Особое внимание в приведенном фрагменте стоит уделить кобальту, который имеет негативное влияние только при засорении почв этим тяжелым металлом. Если его извлекать и использовать в промышленности, то он будет иметь большой экономический эффект. Если содержание химического элемента превышает ПДК при выборе отрасли народного хозяйства, в которой он является малотоксичным

или сильно токсичным, использование пород террикона в данной отрасли запрещается.

Таким образом, оптимальной сферой применения будущей товарной продукции в соответствии с предложенной классификацией будет то направление использования, в котором химический элемент с содержанием выше ПДК будет иметь положительное значение коэффициента шкалы токсичности.

Причем анализировать необходимо все химические примеси отвала, даже в тех случаях, когда их содержание ниже кларкового, в связи с тем, что показатель кларкового числа может отличаться от ПДК в данной отрасли и данном регионе.

Результаты систематизации и выбора оптимального направления использования углепромыш-

ленных отходов служат источником информации для проведения второй стадии – оценки инвестиционной составляющей (этап 6).

При выборе типа инвестора (этапы 7, 8, 9) следует учитывать цели (интересы) инвесторов. В Украине при разработке месторождения полезного ископаемого возможно четыре типа инвестора:

1. Государство (громада).
2. Нынешний собственник террикона, на балансе которого он числится и который должен тратить определенные суммы на его содержание.
3. Отечественный инвестор.
4. Иностраный инвестор.

Остальные инвесторы не рассматриваются в связи с тем, что разрешения на пользование недрами выдаются на одно юридическое лицо, которое

Таблица 1

**Фрагмент анализа химического состава техногенного месторождения на примере ГП “Львовуголь” (террикон шахты “Червоноградская”)**

№ п/п	Наименование химического элемента	Технологическая ценность			
		количество по ПДК или промышленная ценность	сфера применения	коэффициент токсичности	
1	2	3	4	5	
1	Свинец (Pb), содержание - 42,81 г/т	>10 г/т	Строительство	Промышленное	-1
		>20 г/т		гражданское	-10
		любое		гидротехническое	-1
		>20 г/т	Сельское хозяйство	автомобильное	0
		>10 г/т		удобрения	-10
		любое		ядохимикаты	-1
		>16 г/т	Металлургия	прочее	0
		>20 г/т		промышленная	1
			бытовая	1	
			Керамика, лакокрасочная промышленность	1	
Химическая промышленность	промышленная	1			
бытовая	-10/1				
2	Марганец (Mn), содержание - 2243,625 г/т	любое	Строительство	промышленное	0
		>1000 г/т		гражданское	0
				гидротехническое	0
		любое		автомобильное	0
		>1000 г/т	Сельское хозяйство	удобрения	1
				ядохимикаты	0
		>1500 г/т	Металлургия	прочее	1
				промышленная	1
			бытовая	1	
			Керамика, лакокрасочная промышленность	0	
Химическая промышленность	промышленная	1			
бытовая	1				
3	Кобальт (Co)	любое	Строительство	промышленное	1
		>128 г/т		гражданское	0
				гидротехническое	-10
				автомобильное	-1
		любое	Сельское хозяйство	удобрения	1
				ядохимикаты	-10
		любое	Металлургия	прочее	1/-10
				промышленная	1
			бытовая	1	
			Керамика, лакокрасочная промышленность	1	
Химическая промышленность	промышленная	1			
бытовая	1				

в дальнейшем может заключить концессионное соглашение, договор о разделе продукции или сдать данный участок недр в аренду. Для учета влияния всех экологических, экономических и социальных факторов на разных инвесторов предлагается использовать метод иерархии целей.

Данный метод позволит выбрать оптимальный вариант разработки техногенного месторождения с учетом интересов разных инвесторов. Он основан на декомпозиции задачи и представлении ее в виде иерархической структуры. Это позволяет включить в иерархию все имеющиеся у лица, принимающего решение, знания по проблеме и последующей обработке суждений лиц, принимающих решения. В результате может быть выявлена относительная степень взаимодействия элементов в иерархии, которые затем выражаются численно. Метод анализа иерархий включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

На третьей стадии экономической оценки необходимо учитывать, как будет производиться конечная продукция. В зависимости от того, будет ли осуществляться производство ее на месте или будет задействована обогатительная фабрика, для которой потребуется выведение из сельскохозяйственных угодий дополнительных земель для складирования новых отходов, экономический эффект будет разным.

На этапе 10 выбирается рациональный вариант эксплуатации месторождения и осуществляется подготовка технико-экономического обоснования проекта и его утверждение. При необходимости (в случае недостаточной эффективности выбранного варианта эксплуатации месторождения) может осуществляться уточнение технико-экономических решений и могут рассчитываться показатели сравнительной эффективности.

В целом экономический эффект от разработки техногенного месторождения будет рассчитываться, исходя из следующих составляющих:

- прибыль от реализации товарной продукции;
- уменьшение расходов на содержание терриконов;
- уменьшение выплат за загрязнение окружающей природной среды;
- стоимость земли, высвобождаемой в результате разработки пород террикона.

На последнем этапе (11), используя формулу ЧДДП (1), стоимость ресурсов в техногенном месторождении на дату оценки приобретет следующий вид:

$$\text{ЧДДП} = \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{t=1}^T \frac{(D_{t,i} - B_{t,i}) - \Pi_t}{(1 + E_t)^t} + A_t - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + E_t)^t} \pm \Delta W_{t,i} H \right] \pm S^{\text{зем}} U^{\text{зем}} \quad (2)$$

где  $N$  – ассортимент конечной товарной продукции, получаемой из пород отвалов;  $\Delta W_{t,i}$  – прирост загрязнения окружающей природной среды при  $i$ -ом способе разработки террикона в  $t$ -ом году, ус. ед.;  $H$  – сумма налоговых отчислений в  $t$ -м году

за загрязнение окружающей природной среды, которая не входит в эксплуатационные расходы, грн./ус. ед.;  $S^{\text{зем}}$  – площадь земной поверхности, высвобождаемой/вовлекаемой в результате разработке пород террикона, га;  $U^{\text{зем}}$  – стоимость земной поверхности в районе расположения террикона, грн/га.

Данная формула позволит учитывать все рациональные методы утилизации терриконов.

Выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Предложенный алгоритм эколого-экономической оценки позволит выбрать оптимальную сферу применения будущей товарной продукции, получаемой из пород террикона с учетом токсичности примесей. Учитывая объем добытых полезных ископаемых, цели и задачи инвесторов (экономические, социальные и экологические), реализация данного алгоритма позволит сделать более прозрачной и понятной иностранному инвестору процедуру оценки техногенного месторождения и выдачу специальных разрешений через аукцион.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методика визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1117 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://portal.rada.gov.ua>.
2. Жура А. А. Особенности инвестирования в зарубежные объекты недропользования / А. А. Жура, А. А. Твердов, С. Б. Никишичев // Майнинг Репорт Глюкауф. – М., 2013, март, № 1. – С. 40-43.
3. Харченко В. В. Эколого-экономическая оценка и выбор способов разработки породных отвалов Восточного Донбасса / В. В. Харченко // Научный вестник. – М. : МГГУ, 2012. – №10. – С. 92-97.
4. Ампилов Ю. П. Стоимостная оценка недр : монография / Ю. П. Ампилов. – М. : ООО “Геоинформмарк”, 2011. – 408 с.
5. Мясков А. В. Методические основы формирования направлений использования техногенного минерального сырья [Текст] / А. В. Мясков, С. М. Попов // Горн. информ.-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.). Труды международного научного симпозиума “Неделя горняка-2015”. – М. : Горн. кн., 2015. – С. 157-165.
6. Пугин К. Г. Алгоритм эколого-экономической оценки выбора вариантов использования Твердых отходов черной металлургии / К. Г. Пугин // В мире научных открытий. – 2011. – № 6. – С. 127-134.
7. Пугин К. Г. Экономическая оценка выбора варианта использования твердых отходов черной металлургии / К. Г. Пугин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 1. – С. 37-46.
8. Юдович Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Юдович Я. Э., Кетрис М. П. – Екатеринбург : УрО РАН, 2005. – 650 с.
9. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для під-

рахунку запасів твердих корисних копалин у надрах, затверджене наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин при Міністерстві охорони навколишнього природного середовища України від 7.12.2005 р. № 300 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://portal.rada.gov.ua>.

10. Методика визначення початкової ціни продажу на аукціоні спеціального дозволу на право користування надрами, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2004 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://portal.rada.gov.ua>.

## REFERENCES

1. Metodyka vyznachennia vartosti zapasiv i re-sursiv korysnykh kopalyn rodovyscha abo dilianky nadr, scho nadaiut'sia u korystuvannia, zatverdzhena postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 25.08.2004 r. № 1117, available at : <http://portal.rada.gov.ua>.

2. Zhura, A. A. Zhura, A. A. and Nikishichev, S. B. (2013), Osobennosti investirovaniia v zarubezhnye ob#ekty nedropol'zovaniia, *Majning Report Gljukauf*, mart, № 1, s. 40-43.

3. Harchenko, V. V. (2012), Jekologo-jekonomicheskaja ocenka i vybor sposobov razrobotki porodnyh otvalov Vostochnogo Donbassa, *Nauchnyj vestnik, MGGU*, № 10, s. 92-97.

4. Ampilov, Ju. P. (2011), *Stoimostnaja ocenka nedr*, ООО “Geoinformmark”, M., 408 s.

5. Mjaskov, A. V. and Popov, S. M. (2015), Metodicheskie osnovy formirovaniia napravlenij ispol'zo-

vaniia tehnogenogo mineral'nogo syr'ja [Tekst], *Gorn. inform.-analit. bjul. (nauch.-tehn. zhurn.)*. *Trudy mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma “Nedelja gornjaka-2015”*, Gorn. kn., M., s. 157-165.

6. Pugin, K. G. (2011), Algoritm jekologo-jekonomicheskoi ocenki vybora variantov ispol'zovaniia tverdyh othodov chernoi metallurgii, *V mire nauchnyh otkrytij*, № 6, s. 127-134.

7. Pugin K. G. (2012), Jekonomicheskaja ocenka vybora varianta ispol'zovaniia tverdyh othodov chernoi metallurgii, *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, № 1, s. 37-46.

8. Judovich, Ja. Je. and Ketris, M. P. (2005), *Tok-sichnye jelementy-primesi v iskopaemyh ugljah*, UrO RAN, Ekaterinburg, 650 s.

9. Polozhennia pro poriadok rozrobky ta obgruntuvannia kondytsij na mineral'nu syrovynu dlia pidrakhunku zapasiv tverdykh korysnykh kopalyn u nadrah, zatverdzhene nakazom Derzhavnoi komisii Ukrainy po zapasakh korysnykh kopalyn pry Ministerstvi okhrony navkolyshn'oho pryrodnoho sredovyscha Ukrainy vid 7.12.2005 r. № 300, available at : <http://portal.rada.gov.ua>.

10. Metodyka vyznachennia pochatkovoї tsiny prodazhu na auktsioni spetsial'nogo dozvolu na pravo korystuvannia nadramy, zatverdzhena postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 15.10.2004 r., available at : <http://portal.rada.gov.ua>.