

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ДОБЫЧЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

The article considers with the basic theoretical approaches to the mineral resource monetary appraisal and contains the economic, ecological-economic and ecological evaluation of the mineral resources in the system of sustainable use of nature. It is offered to use lower rate of discounting in system of economic evaluation in order to show the ecological factor of operation.

В системе эколого-экономической оценки минеральных ресурсов наиболее сложной проблемой является стоимостное выражение экологических потерь, связанных с их добычей. В принятой нами методологии эколого-экономической оценки минеральных ресурсов экологическая составляющая учитывается косвенным путем с помощью пониженной нормы дисконта [1]. Косвенный учет предполагает необходимость экологической классификации минеральных ресурсов, основанной на дифференциации уровня (степени) воздействия добычи полезных ископаемых на ландшафтно-экологические условия территории. В результате систематизации фактического материала, характеризующего экологические последствия эксплуатации минеральных ресурсов, а также с учетом литературных данных по этому вопросу, нами предлагается экологическая классификация минеральных ресурсов, основанная на 4 классах (уровнях) воздействия: условно-нормальном, слабом, среднем, сильном. Такая дифференциация обусловлена тем, что процесс извлечения минеральных ресурсов из недр всегда сопровождается нарушением природных экосистем и утратой (в разной степени) их естественных свойств.

По экологическим последствиям добычи минеральных ресурсов к *условно-нормальному* воздействию на природные комплексы можно отнести такие нарушения, при которых скорость восстановительных процессов равна темпу их нарушений или превосходит их. *Слабое* воздействие проявляется в том случае, если антропогенные нарушения выше темпов восстановительных процессов, однако экосистемы не утрачивают естественных свойств. При *среднем* воздействии происходит обратимая замена ранее существовавших экосистем на менее продуктивные, в результате чего снижается их биомасса. Наконец, при *сильном* антропогенном воздействии наступает практически необратимый процесс утраты естественных свойств экосистемы, при котором биомасса и биопродуктивность минимальны.

Косвенный метод, основанный на экспертной оценке уровня воздействия на окружающую среду, пригоден для укрупненных расчетов (например, для отражения роли минеральных ресурсов в составе национального богатства). Для более обоснованного принятия управленческих решений (особенно в области платного природопользования) косвенный метод должен быть дополнен прямым методом учета степени воздействия, основанным на оценке экономического ущерба, наносимого окружающей природной среде добычей минеральных ресурсов. Для непосредственного учета экологического фактора при добыче минеральных ресурсов и определения взаимосвязи между косвенным и прямым методами в качестве конкретного объекта исследования выбрано Старобинское месторождение калийных солей.

Старобинское месторождение калийных солей, расположенное в Солигорском районе Минской области, открыто в 1949 г. и за 55 лет освоения стало крупнейшим в мире. С ним связано возникновение новой отрасли – горнохимической. Старобинское месторождение разрабатывается I, II, III и IV рудоуправлениями ПО «Беларуськалий». Предприятие выпускает концентрат мелкозернистый, гранулированный и другую продукцию. В течение 1959–2000 гг. было добыто более 765 млн. т солей. Сегодня его мощности позволяют не только обеспечить внутренний рынок, но и поставлять 80% продукции в 50 стран мира. В

2000 г. производство хлористого калия составило 3,4 млн. т.

Калийные соли – один из важнейших видов минерально-сырьевых ресурсов. Добыча и переработка их в высококачественные минеральные удобрения обеспечивают прирост урожайности сельскохозяйственных культур, а их экспорт является одним из основных источников валютных поступлений. В 1997 г. объем калийных удобрений на экспорт в дальнее зарубежье составил 334,3 млн. долларов США, а в страны СНГ – 49,9 млн. долларов США. В 1998 г. на экспорт отгружено 2912 тыс. т калийных удобрений при цене 1 т экспортируемой продукции 70–85 долларов США [2, с. 501].

Значение этих ресурсов огромно для экономики страны. В то же время добыча и переработка калийных солей оказывает отрицательное воздействие на природные экосистемы. К негативным последствиям необходимо в первую очередь отнести изъятие земель из с/х и иного пользования, преобразование поверхности, интенсивное загрязнение подземных вод, воздушной среды, почв, угнетение растительности, заболачивание и подтопление территории в результате просадок. За период эксплуатации месторождения нарушено 1723 га сельскохозяйственного назначения.

По данным ПО «Беларуськалий» в атмосферный воздух выбрасывается 9906,308 т/год загрязняющих веществ. На предприятии выявлено 624 источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, из них организованных – 543. Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу являются дымовые газы сушильного отделения фабрики и отделения грануляции, образующиеся в топках сушильных барабанов и печах при сжигании газа или мазута.

Для определения прямым методом экологического фактора, как было замечено выше, необходимо рассчитать экономический ущерб, который наносится окружающей среде в результате добычи калийных солей на Старобинском месторождении.

Под экономическим ущербом от деградации окружающей среды понимается денежная оценка негативных изменений в окружающей среде в результате ее загрязнения, в качестве и количестве природных ресурсов, а также последствий таких изменений [3].

Суммарный экономический ущерб ( $Y$ ), наносимый окружающей среде, складывается из ущерба в случае загрязнения водных источников ( $Y_1$ ), атмосферного воздуха ( $Y_2$ ), ущерба в результате нарушения, загрязнения и деградации земель ( $Y_3$ ) и ущерба от изъятия земель из пользования ( $Y_4$ ).

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4, \quad (1)$$

Источником данных для расчета экономического ущерба служил экологический паспорт предприятия.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения водных источников. Ущерб от загрязнения водных источников рассчитывается по приведенной массе годового сброса загрязнителя [4]:

$$Y_1 = \tau_i \delta_k M, \quad (2)$$

где  $Y_1$  – экономический ущерб, долл.;  $\tau_i$  – удельный базовый норматив ущерба от сброса загрязняющего вещества, 1701 долл./усл. т;  $\delta_k$  – коэффициент, учитывающий особенности водохозяйственных участков (безразмерный, для Беларуси 1,75);  $M$  – приведенная масса годового сброса в зависимости от его токсичности и опасности, усл. т/год (определяется как произведение показателя относительной опасности загрязнителя ( $A_i$ ) на общую массу годового сброса, для БПК полн. составляет 0,086 т/год).

Численное значение величины  $A_i$  для каждого  $i$ -го вещества определяется по формуле

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}}, \quad (3)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация вещества в водных объектах, используемых для рыбохозяйственных целей (для органического вещества БПК полн. равен 3), следовательно,  $A_i = 0,33$ .

$$Y_1 = 1701 \cdot 1,75 \cdot 0,33 \cdot 0,086 = 84 \text{ долл. США.}$$

Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха. Рассчитывается на основании приведенной массы годового выброса вредных веществ [3]:

$$Y_2 = \gamma \delta f M, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – удельный экономический ущерб, численное значение которого принимается равным 2 долл./т;  $\delta$  – поправочный коэффициент, численное значение которого определяется в зависимости от типа загрязняемой территории (для территории промышленных предприятий, включающих санитарно-защитную зону и территории населенных пунктов, равно 4);  $f$  – поправочный коэффициент, учитывающий рассеивание вредных веществ в атмосфере;  $M$  – приведенная масса годового выброса вредных веществ, т/год.

Коэффициент  $f$  при степени очистки выбросов свыше 90% можно определить по следующей формуле:

$$f = (100 / 100 + h\varphi) (4 / (1 + u)), \quad (5)$$

где  $h$  – геометрическая высота источников выбросов, м;  $\varphi$  – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосферу;  $u$  – среднегодовое значение скорости ветра на уровне флюгера, м/с.

Значение  $\varphi$  вычисляется по формуле

$$\varphi = 1 + (\Delta T / 75 \text{ }^\circ\text{C}), \quad (6)$$

где  $\Delta T$  – среднегодовое значение разности температур в устье источника и в атмосфере,  $^\circ\text{C}$ .

Подставив значение разности температур, высоту источника выбросов, скорость ветра в формулы (5) и (6), вычислим коэффициент  $f$ :

$$f = (100 / 100 + 20 \cdot 1,6) \cdot (4 / (1 + 6)) = 0,46.$$

Значение приведенной массы годового выброса вредных веществ в атмосферу  $M$  определяется по формуле

$$M = \sum (A_i m_i), \quad (7)$$

где  $i$  – общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу;  $A_i$  – показатель, относительной агрессивности примеси  $i$ -го вида;  $m_i$  – масса годового выброса примеси  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

Показатель относительной агрессивности вещества рассчитывается по формуле

$$A_i = \alpha_i \alpha_i \beta_i, \quad (8)$$

где  $\alpha_i$  – показатель, относительной опасности присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;  $\alpha_i$  – поправка, учитывающая вероятность накопления примеси или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды питания, а также поступления примеси в организм человека неингаляционным путем;  $\beta_i$  – поправка, учитывающая действие примеси на различные реципиенты, помимо человека.

Значения поправок  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  принимаются равными от 1 до 5 и от 1 до 2 соответственно для различных видов выбрасываемых в атмосферу вредных примесей.

Данные для расчета приведенной массы годового выброса вредных веществ в атмосферу представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Определение приведенной массы годового выброса загрязняющих веществ

Вещество	$a_i$	$\alpha_i$	$\beta_i$	$A_i$	$m_i$ , т/год	$M_i$ , т/год
Хлорид калия	77,5	1	1,2	93	1 239,67	115 289,3
Сернистый ангидрид	11	1	2	22	6 424,25	141 333,5
Диоксид азота	27,4	1	1,5	41,1	1 245,03	51 170,7
Ацетон	0,93	1	1,2	5,55	3,631	20,15
Бензин	0,63	2	1	1,26	0,639	0,81
Зола мазутная	86,6	1	1,2	103,9	3,7	384,4
Пыль кремневая	34,6	2	1	83,2	4,44	369,42
Окись углерода	1	1	1	1	895,81	895,81
Свинец	4 472	5	1	22 400	0,000 02	0,448
Пыль неорганическая	28,3	1	1,2	33,9	0,086	2,915
Сажа	17,3	2	1	41,5	0,202 1	8,39
Пыль древесная	8,16	2	1	19,6	4,373	85,7
Пыль металлическая	33,8	2	1,2	81,1	0,46	37,31
Хлорид водорода	38,7	1	2	77,4	79,439	6 148,6
Аммиак	8,7	1	1	10,4	0,633	6,58
Углеводороды	1,26	1	1	1,26	0,829 6	1,05
Аэрозоль щелочи	110	1	1,2	132	0,012	1,58
Сварочный аэрозоль	1 414	5	1	7 070	0,383 3	2 709,9
Марганец и оксиды	1 414	5	1	7 070	0,009 39	66,39
Фториды	490	1	2	980	0,004 63	4,537
Диоксид кремния	34,6	2	1,2	83,2	0,046 3	3,85
Оксид хрома	2 000	5	1	10 000	0,000 18	1,8
Оксид никеля	1 095	5	1	5 475	0,001 25	6,84
Фторид водорода	245	1	2	490	0,007 81	3,83
Оксид меди	245	5	1,2	1 470	0,002 4	3,53
Серная кислота	24,5	1	2	49	0,003	0,147
Уксусная кислота	14,1	1	2	28,2	0,000 000 2	0,000 006
						318 557,5

Приведенная масса годового выброса  $M$ , т/год

Таким образом, экономический ущерб в результате загрязнения атмосферного воздуха будет равен

$$U_2 = 2 \cdot 4 \cdot 0,46 \cdot 318 557,5 = 1 172 292 \text{ долл. США.}$$

Экономический ущерб в результате загрязнения, нарушения и деградации земель – затраты на восстановление земель до их первоначального состояния и ликвидацию последствий их влияния на реципиентов. Данный экономический ущерб рассчитывается по формуле [5]

$$U_3 = NZ \cdot P \cdot K_{y_3} \cdot K_{г_3} \cdot K_T, \quad (9)$$

где  $NZ$  – норматив совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по восстановлению загрязненных земель (1260 долл. США);  $P$  – площадь загрязненных земель (1723 га);  $K_{y_3}$  – коэффициент уровня загрязнения земли (1,5 при высокой степени загрязнения земель);  $K_{г_3}$  – коэффициент глубины загрязнения земли (1,3, т.к. загрязняющие химические вещества обнаружены на глубине более 50 см);  $K_T$  – коэффициент экологической значимости территории (2,95).

Экономический ущерб от загрязнения, нарушения и деградации земель составил

$$U_3 = 1260 \cdot 1723 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 2,95 = 12 488 562 \text{ долл. США.}$$

Экономический ущерб от изъятия земель из пользования можно рассчитать по формуле

$$Y_4 = S \cdot \Pi, \quad (10)$$

где  $S$  – площадь изъятых земельных участков (1723 га);  $\Pi$  – ценность изымаемого из пользования 1 га земли (467 долл./га).

$$Y_4 = 1723 \cdot 467 = 804\,641 \text{ долл. США.}$$

Ущерб  $Y_1$  и  $Y_2$  представлен в текущей оценке, а  $Y_3$  и  $Y_4$  – в капитальной. Для определения суммарного ущерба необходимо перевести ущерб, рассчитанный в капитальной оценке, в текущую, используя коэффициент 0,1.

$$Y_{3T} = 12\,488\,562 \cdot 0,1 = 1\,248\,856,2 \text{ долл. США.}$$

$$Y_{4T} = 804\,641 \cdot 0,1 = 80\,464,1 \text{ долл. США.}$$

Подставив рассчитанные значения ущербов в формулу (1), получим суммарный ущерб

$$Y = 84 + 1\,172\,292 + 1\,248\,856,2 + 80\,464,1 = 2\,501\,696,3 \text{ долл. США.}$$

Удельный ущерб ( $Y_{уд}$ ) можно определить разделив суммарный ущерб на годовое производство. Суммарный ущерб равен 2,5 млн. долл. США, годовое производство составляет 3,5 млн. т:

$$Y_{уд} = 2,5 : 3,5 = 0,71 \text{ долл./т.}$$

Вычислим дисконтированный ущерб ( $Y_{дис}$ ):

$$Y_{дис} = \sum_{t=1}^T \frac{Y}{(1+q)^t}, \quad (11)$$

где  $T$  – срок эксплуатации Старобинского месторождения (50 лет);  $q$  – коэффициент дисконтирования (0,08);  $Y$  – суммарный ущерб (2,5 млн. долл. США).

$$Y_{дис} = \sum_{t=1}^{50} \frac{2,5}{(1+0,08)^t} = 30,63 \text{ млн. долл. США.}$$

Определив прямым методом экологические последствия добычи калийных солей, по принятой ранее методике [1] рассчитаем экономическую, эколого-экономическую и экологическую оценки Старобинского месторождения калийных солей. Это необходимо для сопоставления результатов расчетов по косвенному и прямому методам и выбора предела техногенного воздействия на окружающую среду при добыче минеральных ресурсов.

Результаты расчетов, основанные на дисконтированной ренте, приведены в табл. 2. Экономическая оценка с учетом экологических потерь Старобинского месторождения калийных солей, рассчитывается по разнице между экономической оценкой и экологической оценкой. Эколого-экономическая и экологическая оценки по вариантам существенно различаются. Это обусловлено экологическими потерями, которые возникают при добыче калийных солей.

Исходя из проведенных расчетов и сопоставления показателей экономической оценки экологического ущерба (30,63 млн. долл. США) и экономической оценки с учетом экологических потерь, видно, что между ними имеет место значительная разница. Даже используя эту заниженную оценку (по сравнению с расчетными величинами экономической оценки с учетом экологических потерь) в практике хозяйствования, данные экономической оценки экологического ущерба могут в немалой степени повлиять на более щадящий режим природопользования и внедрение эколого-ориентированных технологий, а также на более обоснованное выделение капитальных вложений на рекультивацию территорий, подвергшихся негативному антропогенному воздействию.

## Оценка Старобинского месторождения калийных солей

Вид оценки	Вариант	Степень воздействия на природные комплексы	Оценка при коэффициенте дисконтирования*	Оценка, млн. долл. США
Экономическая			$O(q_{0,08})$	474
Эколого-экономическая в широком смысле слова	I	Условно нормальное воздействие	$O(q_{0,05})$	707
	II	Слабое воздействие	$O(q_{0,03})$	997
	III	Среднее воздействие	$O(q_{0,02})$	1218
	IV	Сильное воздействие	$O(q_{0,01})$	1519
Экологическая	I	Условно нормальное воздействие	$O(q_{0,05} - q_{0,08})$	233
	II	Слабое воздействие	$O(q_{0,03} - q_{0,08})$	523
	III	Среднее воздействие	$O(q_{0,02} - q_{0,08})$	743
	IV	Сильное воздействие	$O(q_{0,01} - q_{0,08})$	1045
Эколого-экономическая в узком смысле слова (экономическая с учетом экологических потерь)	I	Условно нормальное воздействие	$O(q_{0,08}) - O(q_{0,05} - q_{0,08})$	241
	II	Слабое воздействие	$O(q_{0,08}) - O(q_{0,03} - q_{0,08})$	-49
	III	Среднее воздействие	$O(q_{0,08}) - O(q_{0,02} - q_{0,08})$	-269
	IV	Сильное воздействие	$O(q_{0,08}) - O(q_{0,01} - q_{0,08})$	-572

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водопьянова Т.П. Отражение экологического фактора в экономической оценке минеральных ресурсов // Труды БГТУ. Сер. VII. Эконом. и управления. – Мн., 2003. – Вып. XI. – С. 261–265.
2. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П.З. Хомич и др. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
3. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 91 с.
4. Кочановский С.Б., Войтов И.В., Ванеева И.П., Неверова Т.А. Методика и результаты экономической оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных источников // Природные ресурсы. – 2000. – № 3. – С. 55–67.
5. Временная методика определения размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель (Методика 0212.4.-97) / Утв. Приказом Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 20 мая 1997 № 112 // Сб. норм. док. по вопр. охраны окр. среды / Сост.: И.В. Войтов, Р.К. Кожевникова. – Мн., 1997. – Вып. 19. – С. 90–113.

\* Примечание. Знак (-) означает минус.