

УДК 621.039.7:504

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. П. КАРАМУШКА,
Е. Н. КАМНЕВ, Е. В. ДУНАЕВА

АО «ВНИПИПРОМТЕХНОЛОГИИ»

В докладе изложены результаты оценок влияния уранодобывающих предприятий на объекты окружающей среды. Основное внимание уделено постэксплуатационному периоду. Представлены методики оценки эффективности рекультивационных работ. Методическое обеспечение предназначено для использования проектными и эксплуатирующими организациями, а также органами государственного надзора при проведении оценок безопасности во время эксплуатации хвостохранилищ и после их закрытия.

Ключевые слова: окружающая среда, уранодобывающие предприятия, рекультивация, эксплуатационный период.

Применительно к предприятиям горно-металлургического комплекса по данному направлению необходимо выполнить работы по обследованию промобъектов и прилегающих к ним территорий с определением загрязнения естественными радионуклидами по суммарной α -активности и мощности экспозиционной дозы γ -излучения с радиационной оценкой твердых отходов, выбросов в атмосферу и жидких сбросов этих промобъектов [2].

К данному перечню работ относится также разработка научно-обоснованных технологий по основным направлениям рекультивации земель (сельскохозяйственное, санитарно-гигиеническое, строительное) с учетом радиологических факторов [1].

Наиболее значимое радиационно-опасное влияние на основные элементы окружающей среды (воздух, воду, почву) оказывает α -активность долгоживущих радионуклидов уранового ряда, γ -активность радионуклидов, а также интенсивность эксхалляции радона с поверхности твердых отходов. Анализ основных характеристик радиоактивного загрязнения важнейших элементов окружающей среды отходами показывает, что превышения фоновых значений по суммарной α -

ECONOMIC EVALUATION OF DAMAGE FROM RADIATION-CONTAMINATED WASTES OF MINING ENTERPRISES

V. P. KARAMUSHKA,
E. N. KAMNEV, E. V. DUNAeva

The report presents the results of the assessments of the impact of uranium mining enterprises on objects surrounding Wednesday. Focus on the postexploitation period. Presented remediation efficiency assessment methodology. Methodical support is intended for use by design and operating organizations, as well as government oversight of security assessments during operation and after closure of the tailings ponds.

KEYWORDS: environment, uranium mining companies Wednesday, reclamation, operating period.

активности долгоживущих радионуклидов уранового ряда для воздуха не должны быть более 12 мБк/м³, для воды – 100 Бк/м³, α -активность для твердых отходов и твердой фазы жидких сбросов в зависимости от радиоизотопного состава не должна превышать 600-1200Бк/кг [5]. По γ -активности предельные значения не должны превышать фон более чем на 19,5 мкр/час (0,2 мкз/час), интенсивность эксхалляции радона-226 с поверхности радиационно-загрязненных почв или твердых радиоактивных отходов не должна превышать 1Бк/м²×с.

В связи с этим при проведении работ по обследованию радиоактивно загрязненных территорий, отходов отвалов и хвостохранилищ необходимо руководствоваться следующими методическими соображениями:

1. Необходимо априори произвести классификацию отходов, определив на первом же этапе, как сверхкатегорийные отходы, превышающие хотя бы по одному из критериев α - и γ -активности или интенсивности эксхалляции радона предельно допустимые сверхфоновые концентрации более чем в 100 раз. Тогда отходы первой категории могут быть определены

по превышению сверхфоновых предельно допустимых концентраций α - и γ -активности и эксхалации радона в 10–100 раз; отходы II категории при превышении сверхфоновых предельно допустимых концентраций в 1–10 раз [1].

2. На втором этапе должны быть определены объемы отходов и степень дисперсности твердых отходов. При забойной крупности отходов горнодобывающего производства в процессах последующего их выветривания или выщелачивания воднорастворимых фаз, естественных процессах дисперсации.

Особенностью захоронения радиоактивных отходов добычи и переработки руд является то, что, во-первых, в них содержатся долгоживущие радионуклиды, во-вторых, отходы имеют очень большие объемы, в-третьих, существующие хвостохранилища являются приповерхностными, что создаст принципиальные трудности эксхалации хвостов на длительные периоды времени.

В методическом обеспечении использован подход, изложенный во «Временной методике определения предотвращения экологического ущерба», а также в «Межотраслевой методике расчета экономического ущерба от радиационных аварий» [3].

Рассматриваемый ущерб может быть социальным (вредное воздействие на здоровье человека), экологическим (вредное воздействие на окружающую среду) и материальным (ущерб или повреждение имущества, материальных ценностей). Без специальных мер по радиационной защите этот источник опасности при эволюционном процессе непрерывно, в течение сотен тысяч лет может оказывать свое вредное воздействие. Рекультивация территории и защитные меры (вмешательства) могут снизить вредное воздействие и сократить наносимый ущерб.

Социальный ущерб может быть измерен коллективной предстоящей (коммитментной) дозой, которая будет определена как

$$S^c = \int \dot{D} \frac{dN}{dD} dt \dot{D} = \int_0^t dt \int_0^\infty \dot{D}(t) \frac{dN(t)}{dD} d \dot{D}$$

Здесь $\dot{D}(t)$ – мощность дозы облучения группы лиц в момент t , приходящихся на интервал мощности дозы от \dot{D} до $D + d \dot{D}$.

$$\int_0^\infty \dot{D}(t) \frac{dN}{dD} d \dot{D} = \dot{S}(t)$$

коллективная мощность дозы.

Социальный ущерб может быть измерен экономически по следующей формуле

$$U_c = \alpha \times S_c,$$

где: α – величина ущерба для здоровья на единицу кол-

лективной дозы. Принимается равной среднегодовому подушному доходу в РФ на чел. $\times 3\text{в}$ [4].

Оценка экологического ущерба. При наличии источника загрязнения, воздействующего одновременно на все или несколько видов природных ресурсов – атмосферу, воду, территорию и т.д., необходимо проводить оценку комплексного ущерба. Комплексный ущерб $U_{\text{ЭК}}$ оценивается как сумма локальных ущербов от различных видов i ($i=1, \dots, n$) природонарушающих воздействий на j ($j=1, \dots, m$) виды реципиентов.

$$U_{\text{ЭК}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij}$$

Оценка величины ущерба от загрязнения водной среды проводится на основе региональных показателей удельного ущерба, представляющего собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ по формуле:

$$U_{\text{ЭК}}^g = \sum_{j=1}^N U_{ydrj}^g \times M_r^B \times K_g^B \times J_D$$

где: $U_{\text{ЭК}}^g$ – эколого-экономическая оценка величины ущерба водным ресурсам в рассматриваемом в g -м регионе (тыс. руб./год); U_{ydrj}^g – показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ для j -го водного объекта в рассматриваемом g -м регионе (руб./усл. тонну); M_r^B – приведенная масса загрязняющих веществ, сбрасываемых в g -ом регионе (тыс.т/год); K_g^B – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек; J_D – индекс дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономки России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов.

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается для каждого конкретного объекта или направления водоохранной деятельности региона по формуле:

$$M_k^B = \sum_{i=1}^N m_i^B \times K_{gi}^D,$$

для g -го региона (района) в целом:

$$M_r^B = \sum_{k=1}^N M_k^B,$$

где: m_i^B – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной экологической опасности в водные объекты рассматриваемого региона (района), м/год; K_{gi}^B – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязня-

ющего вещества или группы веществ; N – количество учитываемых загрязняющих веществ.

Для определения величины ущерба используют усредненные расчетные значения ущерба на единицу приведенной массы атмосферных загрязнений (удельные ущербы).

$$Y_{ЭК}^a = Y_{уд}^a \times M^a \times K_э^a \times J_D$$

где: $Y_{ЭК}^a$ – величина экономической оценки ущерба от выбросов, загрязняющих атмосферный воздух для g -го экономического района РФ (тыс. руб./год); $Y_{уд}^a$ – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (далее показатель удельного ущерба) для g -го экономического района РФ (руб./усл. т); M^a – приведенная масса выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух (усл.); $K_э^a$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России; J_D – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономикой России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов.

Оценка величины ущерба от деградации почв и земель производится по формуле:

$$Y_{ЭК}^n = H_c \times S \times K_э \times K_p$$

где: $Y_{ЭК}^n$ – величина ущерба от деградации почв и земель на рассматриваемой территории (тыс. руб./год); H_c – нормативная стоимость земель (тыс. руб./га); S – площадь почв и земель, подвергшихся деградации в результате воздействия промышленного объекта, га; $K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории; K_p – коэффициент для особо охраняемых территорий.

Для расчета ущерба растительному и животному миру при эксплуатации хозяйственных объектов используется формула:

$$Y_{ЭК}^b = \sum_{i=1}^N N_i^p \times K_p \times \bar{H}$$

где: $Y_{ЭК}^b$ – оценка в денежной форме величины ущерба биоресурсам от эксплуатации крупных хозяйственных объектов (тыс. руб./год); N_i^p – суммарная численность объектов животного и растительного мира (комплекс из видов от 1 до n), которая может быть потеряна в результате нерегламентированного воздействия, шт; \bar{H} – такса ущерба биоресурсам (средняя величина от суммы такс по каждому виду из анализируемого комплекса видов данной территории), руб.

Общая величина экологического ущерба от загрязнения окружающей природной среды определится по формуле:

$$Y_{ЭК} = Y_{ЭК}^b + Y_{ЭК}^a + Y_{ЭК}^c + Y_{ЭК}^d$$

Расчет имущественных потерь (ущерба), нанесенных физическим лицам вследствие радиоактивного загрязнения, выполняется по следующей формуле:

$$U_{\phi}(1) = K_1 \times K_2 \times N_i \times y$$

где: K_1 – для безвозвратных потерь имущества физических лиц (населения), изменяется от 0 до 1; K_2 – коэффициент, учитывающий стоимостную долю прочего имущества (за исключением предметов длительного пользования), принимается равным 1,3, исходя из структуры потребительских расходов; N_i – количество физических лиц (населения), понесших имущественные потери в результате загрязнения, чел.; y – стоимостная оценка имущества, приходящаяся на одного человека из населения (включая детей).

В настоящее время нет официального документа, в котором были бы представлены методы расчета экологического ущерба от выбросов и сбросов природных радионуклидов в окружающую среду, поэтому была выполнена разработка, по существу, новой методики применительно к радионуклидам, поступающим в окружающую среду из хвостохранилищ и рудников добычи и переработки урановой руды. В разработанной методике использован общий подход «Межотраслевой методике», но он адаптирован к выбросам и сбросам природных радионуклидов.

Значение приведенной массы годового выброса загрязнений в атмосферу определяется по модифицированной формуле:

$$M^a = \sum_{i=1}^N Q_i \times K_i \times K_{эi} \times 10^{-6}, \text{ усл.т./год,}$$

где: Q_i – годовой выброс i -го радионуклида в атмосферу, Бк/год; K_i – вес 1 Бк – i -го радионуклида, г/Бк; $K_{эi}$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го радионуклида, усл.т./т.

Коэффициент $K_{эi}$ определяется по формуле:

$$K_{эi} = 1(\text{усл. мг/м}^3) / \text{Д} \text{О} \text{А} \text{н} \text{а} \text{с}(\text{мг/м}^3) \text{ усл.т./т.}$$

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовыми сбросами загрязненной воды в водоемы, определяется по модифицированной формуле:

$$УВ = УУДВ \times МВ \times КЭВ \times JД,$$

где: $УВ$ – эколого-экономическая оценка величины ущерба водным ресурсам (руб./год); $УУДВ$ – показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная т) приведенной массы загрязняющих веществ для водного объекта в рассматриваемом регионе (руб./усл.т); $МВ$

**ФИЛОСОФИЯ ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ:
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ
И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

– приведенная масса загрязняющих веществ, сбрасываемых с водными стоками (усл.т/год); КЭВ – коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек (приводятся в соответствующих таблицах); J_D – индекс дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономикой России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов.

В основу количественного обоснования принимаемых решений положена концепция предотвращенного ущерба.

Соответственно:

1. Рекультивация территорий будет обоснована, если чистая польза от рекультивации будет положительна, т.е. если:

$$\Delta Y_{\text{пред}} > 3 Y_{\text{вм}} + Y_{\text{вм}}$$

или

$$П = \Delta Y_{\text{пред}} - (3 Y_{\text{вм}} + Y_{\text{вм}}) > 0,$$

где: $\Delta Y_{\text{пред}} = Y_{\text{до}} - Y_{\text{после}}$ $\Delta Y_{\text{пред}}$ – предотвращенный ущерб в результате рекультивации; $Y_{\text{до}} - Y_{\text{после}}$ – ущерб от воздействия радиоактивного загрязнения до и после рекультивации; $П$ – чистая польза от проведенных работ; $Y_{\text{вм}}$ – ущерб, нанесенный населению и окружающей среде во время работ.

2. Меры по рекультивации будут обоснованы, если при выборе вариантов вмешательства чистая польза будет максимальной

$$П \rightarrow \max.$$

После прекращения эксплуатации предприятий они продолжают оставаться источниками радиационной и экологической опасности для населения и окружающей среды и наносят ущерб здоровью населения, качеству окружающей среды и экономике района.

Соответственно, ущерб может быть социальным (вредное воздействие на здоровье человека), экологическим (вредное воздействие на окружающую среду), материальным (ущерб или повреждение имущества, материальных ценностей).

ЛИТЕРАТУРА

1. **КАРАМУШКА В.П., КАМНЕВ Е.Н., КУЗИН Р.Е.** Рекультивация объектов добычи и переработки урановых руд. М.: Горная книга». 2014. 183 с.
2. **КАРАМУШКА В.П.** Опыт ведения изыскательских и проектных работ при рекультивации территорий, нарушенных при добыче и переработке урановых руд // Материалы общественных слушаний по рекультивации территорий производственного объединения «Алмаз». Кисловодск, 2008.
3. Межотраслевая методика расчета экономического ущерба от радиационных аварий. СПб.: ООО

В.П. КАРАМУШКА, Е.Н. КАМНЕВ, Е.В. ДУНАЕВА
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ
РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДОВ
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

«РЭСцентр», рег. Р-03/98, 1998 (в редакции от 2006 г.)

4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/20-09). М.: Роспотребнадзор, 2009.
5. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). М., 1991.

Карамушка Владимир Петрович,
к.т.н., директор проектов Инжинирингового центра АО
«ВНИПИПромтехнологии»

✉ e-mail: Karamushka.V.P@vnipt.ru

Камнев Евгений Николаевич,
д.г.-м.н., профессор, ученый секретарь АО «ВНИПИПром-
технологии»

Дунаева Елена Владимировна,
аспирант, главный специалист Отдела инженерных изысканий АО «ВНИПИПромтехнологии»

✉ 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 33