

#### Список литературы

1. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и Чухно. – Днепропетровск: ДДТУ, 2009 - 69 с.
2. Перегуд Е. А. Химический анализ воздуха (новые и усовершенствованные методы). Л.: Химия, 1976. – 328 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.  
Надійшла до редакції 03.11.2014*

УДК 622.882

© Ю. Н. Сорока

### **МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К КАТЕГОРИРОВАНИЮ РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ С ПОЗИЦИИ ОЦЕНКИ РИСКА**

Рассмотрены вопросы применения методологии анализа риска для принятия решений по реабилитации территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению природными радионуклидами. Рекомендовано осуществлять категорирование участков и объектов радиационного загрязнения с учетом риска от облучения населения и целей использования территорий и объектов.

Розглянуто питання застосування методології аналізу ризику для прийняття рішень з реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення природними радіонуклідами. Рекомендовано здійснювати категоріювання ділянок та об'єктів радіаційного забруднення з урахуванням ризику від опромінення населення та цілей використання територій і об'єктів.

Deal with the application of risk analysis methodology for decision making on rehabilitation of territories affected by radioactive contamination of natural radionuclides. Recommended to carry out the categorization of land and properties of radioactive contamination of the risk of public exposure and targets the areas and objects.

Расположенный на территории г. Днепропетровск ПО «Приднепровский химический завод» (ПО «ПХЗ») в течение почти 40 лет занимался переработкой урановых руд. После распада СССР предприятие прекратило переработку урановых руд и было разделено на несколько предприятий, которые сосредоточились на производстве минеральных удобрений, ионообменных смол, циркония и др. На предприятии не были выполнены реабилитационные мероприятия в соответствии с «Санитарными правилами ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд» (СПЛКП-91) [1].

Для реализации реабилитационных мероприятий на бывшем ПО «ПХЗ» в 2001 году было создано государственное предприятие «Барьер». В течение 2001-2012 годов были выполнены работы по рекультивации хвостохранилищ «Западное» и «Юго-Восточное», проведены работы по частичной дезактивации хранилища База «С», создана система мониторинга окружающей среды. Вместе с тем, ряд особенностей предприятия и неопределенность окончательных критериев для реабилитированных территорий не позволяют полностью привести бывший урановый объект в радиоэкологически-безопасное состояние для населения и работающих.

Мировой опыт применения концепции риска для реабилитации радиационно-загрязненных территорий.

В настоящее время в большинстве промышленно развитых стран ужесточено экологическое законодательство в части ответственности за загрязнение окружающей среды.

Одним из важнейших документов Европейского сообщества в этой области является принятая в 2004 году Директива об экологической ответственности. основополагающий принцип Директивы заключается в реализации принципа «загрязнитель платит». В ней указывается, что оператор, чья деятельность привела к ущербу окружающей среде или неминуемой угрозе такого ущерба, должен нести финансовую ответственность за ущерб.

Для целей оценки ущерба почве, как определено данной Директивой, рекомендовано использовать процедуры оценки рисков для определения уровня вероятного вреда здоровью человека. При характеристике риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических и радиоактивных веществ, ориентируются на систему критериев приемлемости риска. Конкретные значения приемлемого риска могут служить в качестве указателя уровня вмешательства — более низкий уровень риска не требует вмешательства, более высокий — требует принятия определенных мер. В настоящее время в рекомендациях различных организаций и в различных странах величины приемлемого риска нередко не совпадают. В табл. 1 приведены значения радиационных и химических рисков, которые применяются в разных странах и организациях.

Условной границей приемлемого риска для населения в соответствии с рекомендациями ВОЗ и Агентства США по охране окружающей среды считается величина пожизненного индивидуального риска  $1,0 \cdot 10^{-4}$ .

Таблица 1

Критерии оценки индивидуального риска

Характеристика риска, страна или организация	Величина риска
<b>Нидерланды</b>	
Максимальный переносимый риск для населения (существующее производство)	$1:10^{-5}$ в год
Максимальный переносимый риск для населения (новое производство)	$1:10^{-6}$ в год
Приемлемый риск для населения	$1:10^{-6}$ в год
<b>Австралия</b>	
Общий приемлемый риск вне опасных производственных зон	$1:10^{-5}$ в год
<b>МКРЗ</b>	
Приемлемый радиационный риск для работающих	$1:10^{-5}$ в год
Приемлемый риск для населения	от $1:10^{-5}$ в год до $1:10^{-6}$ в год

<b>Правила принятия управленческих решений в США</b>	
Уровень De manifestis (непереносимые риски)	Пожизненный риск 4:1000; 1 на 17500 в год
Уровень De minimis (пренебрежимые риски)	Пожизненный риск 1:10 <sup>-6</sup> ; 1 на 70 <sup>-6</sup> в год
<b>Агентство США по охране окружающей среды</b>	
Целевой канцерогенный риск	Пожизненный риск 1:10 <sup>-6</sup> ; 1 на 70 <sup>-6</sup> в год
<b>Великобритания (HSE)</b>	
Максимальный переносимый риск у работающих	1:10 <sup>-3</sup> в год
Переносимый риск для работающих с источниками ионизирующего излучения	от 1:4 <sup>-3</sup> в год до 1:20 <sup>-3</sup> в год
Максимальный переносимый риск для населения	1:10 <sup>-4</sup> в год
Реперная величина для новых предприятий	1:10 <sup>-6</sup> в год
<b>Министерство энергетики США</b>	
Уровень De minimis: риски настолько малы, что могут рассматриваться как пренебрежимые	Действия по снижению риска в общем случае не требуется: Пожизненный риск 10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-4</sup> ;
<b>Россия</b>	
Риск для персонала	1:10 <sup>-3</sup> в год
Риск для населения	5:10 <sup>-5</sup> в год
Уровень пренебрежимого риска	1:10 <sup>-6</sup> в год
<b>Украина</b>	
Уровень приемлемого риска персонала	1:10 <sup>-4</sup> в год
Уровень приемлемого риска для населения	1:10 <sup>-5</sup> в год
Предел индивидуального риска персонала	1:10 <sup>-3</sup> в год
Предел индивидуального риска населения	5:10 <sup>-5</sup> в год
<b>ВОЗ</b>	
Высокий — недопустимый для производственных условий	Пожизненный риск 1:10 <sup>-3</sup>
Средний — допустимый для производственных условий	Пожизненный риск от 1:10 <sup>-3</sup> в год до 1:10 <sup>-4</sup> в год
Низкий — допустимый риск	Пожизненный риск от 1:10 <sup>-4</sup> в год до 1:10 <sup>-6</sup> в год

Минимальный — желательная (целевая) величина риска при проведении оздоровительных и природоохранных мероприятий.

Пожизненный риск  
<  $1:10^{-6}$  в год

В качестве вспомогательных инструментов для поддержки принятия решений могут использоваться различные нормативы, в основе которых также лежит подход на основе риска. Эти целевые нормативы и нормативы вмешательства для почв и грунтовых вод (Нидерланды), уровни содержания загрязнителей в почве для различных категорий землепользования (Германия) рассчитывались исходя из оценки риска. Во многих странах используется в отношении загрязненных территорий еще один показатель – это будущее использование земельного участка. Только после решения этого вопроса осуществляется установление тех или иных нормативов, ранжирование уровней очистки и реабилитационных мероприятий.

В соответствии с этим в Германии решение о способе проведения очистки и уровне, до которого она должна быть проведена, принимается для каждого отдельного объекта в зависимости от настоящего и будущего использования земельного участка, а в Бельгии характер землепользования (сельскохозяйственное, жилое, рекреационное или промышленное использование) учитывается при определении уровня очистки земельного участка.

В Украине, как и в России, отсутствует четкая правовая база, регулирующая вопросы ответственности за загрязнение в результате прошлой хозяйственной деятельности. Как следствие, не отработана и процедура принятия решений в отношении реабилитации загрязненных территорий.

Категоризация радиационно-загрязненных территорий на основе оценки риска. В основном, направления рекультивации в Украине принимаются в соответствии с ГОСТ 17.5 1.01- 83 «Рекультивация земель. Термины и определения». К основным направлениям рекультивации относятся: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное, и др. Категоризация радиационно-загрязненных территорий по уровням потенциальной опасности для окружающей среды и населения проводится с учетом целей использования земель. Применительно к радиационно-загрязненным территориям применяется подход, основанный на дозах облучения. Дозовый подход в полной мере отвечает мировой практике принятия решений о реабилитации территорий на основе концепции риска. Категорирование радиационно-загрязненных территорий производится при условии обязательного соблюдения действующих нормативных документов Украины и оценки рисков для здоровья населения.

Оценка проводится с учетом целей использования территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению и путей облучения. На загрязненных участках потенциальными путями воздействия на человека являются следующие:

- прямое поступление почвы через органы пищеварения;
- ингаляция пыли;
- потребление питьевой воды загрязненной в результате миграции радионуклидов из почвы в водоносные горизонты;

- загрязнение кожи при нахождении на загрязненных участках;
- потребление местной сельскохозяйственной продукции;
- поступление вследствие эманации радиоактивных газов (радон, торон) в помещения зданий;
- внешнее облучение от радионуклидов, содержащихся в почве.

В зависимости от путей облучения и сценариев, которые могут быть в каждом конкретном случае, определяются эффективные дозы облучения персонала или населения. Риски для населения рассчитываются исходя из номинальных коэффициентов риска, которые для населения равны  $5,7 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  и для взрослых работников -  $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  [2]. Исходя из этого, рассчитаны величины риска для различных вариантов доз облучения работников и населения (табл.2).

Таблица 2

Расчетные значения индивидуального риска для работников и населения

№	Величина эффективной дозы, мЗв·год <sup>-1</sup>	Риски для работников(персонала) получении эффективной дозы, год <sup>-1</sup>	Риски населения при получении эффективной дозы, год <sup>-1</sup>
1	0,01	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$
2	0,3	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
3	1,0	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-5}$
4	5,0	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$
5	10,0	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$
6	25,0	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$

Как видно, при эффективной дозе  $10 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$  не будет превышения пренебрежимого риска и это в любом случае приемлемо. При эффективной дозе равной  $0,3 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$  достигается величина приемлемого риска для населения, а при величине эффективной дозы  $1 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$  он будет достигать предела индивидуального риска. Вследствие этого, для населения эффективная доза должна ограничиваться вследствие радиационно-загрязненных территорий величиной  $1,0 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ . Для работников, соответственно, эффективная доза не должна превышать величины  $25 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ .

При оптимизации защиты следует применить подход, рекомендованный МАГАТЭ. Он включает оценку облучения работников в ходе деятельности по очистке территории и оценку долговременного облучения населения после очистки (реабилитации) и освобождения от регулирующего контроля. Дополнительно нужно также рассматривать сценарий, когда работник трудится на данной территории после реабилитации. Данная оценка должна не превышать для работников и населения граничных доз, определенных регулирующим органом [3].

В соответствии с методологией анализа и управления рисками на радиационно-загрязненных территориях устанавливается следующая категоризация:

1. Доза  $E_1$  равная  $10 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$  и менее, т.е. пренебрежимо малому уровню риска ( $r_1$  равно  $4 \cdot 10^{-5}$  за жизнь для населения и  $2 \cdot 10^{-5}$  для работников),

при котором источники радиационного риска выводятся из сферы контроля, как не оказывающие сколь либо значимого влияния на здоровье населения.

2. Доза  $E_2$  равная  $0,3 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  – соответствует граничной дозе для неограниченного использования площадок [3].

3. Доза  $E_3$  равная  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  [4]. В этом случае возможно ограниченное использование территории при условии не превышения при рекомендуемом способе землепользования предела дозы для населения.

4. Доза  $E_4$  равная  $10 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  – определяется из условия возможного (потенциального) превышения дозы облучения критической группы населения  $10 \text{ мЗв}/\text{год}$ .

В соответствии с рекомендациями МКРЗ и МАГАТЭ [4-5] при данном уровне загрязнения почвы обосновывается и принимается решение о реабилитации загрязненных земель. В табл. 3 приведены критерии вмешательства для радиационно-загрязненных территорий

Таблица 3

Критерии вмешательства для радиационно-загрязненных территорий

№	Уровень вмешательства	Функциональное назначение территории		
		Земли населенных пунктов, селитебная зона	Земли санитарно-защитных зон предприятий и зон наблюдения	Земли промплощадок предприятий и их объектов
1	2	3	4	5
1	Вмешательство не требуется	Доза менее $0,3 \text{ мЗв}/\text{год}$ . Предел индивидуального риска менее $1,7 \cdot 10^{-5}$ , $\text{год}^{-1}$	Эффективная доза менее $1,0 \text{ мЗв}/\text{год}$ . Предел индивидуального риска менее $5,7 \cdot 10^{-5}$ , $\text{год}^{-1}$	Эффективная доза менее $5,0 \text{ мЗв}/\text{год}$ . Предел индивидуального риска менее $2,1 \cdot 10^{-4}$ , $\text{год}^{-1}$
2	Требуется обоснование вмешательства. Детальное радиационное обследование территории и объектов предприятия, организация радиэкологического мониторинга, обоснование применения ограничения деятельности, выполнения защитных и реабилитационных мероприятий	Эффективная доза более $1,0 \text{ мЗв}/\text{год}$ . Индивидуальный риск превышает $5,7 \cdot 10^{-5}$ , $\text{год}^{-1}$	Эффективная доза более $1,0 \text{ мЗв}/\text{год}$ за любые последовательные пять лет. Индивидуальный риск превышает $5,7 \cdot 10^{-5}$ , $\text{год}^{-1}$	Эффективная доза более $5,0 \text{ мЗв}/\text{год}$ . Индивидуальный риск превышает $2,1 \cdot 10^{-4}$ , $\text{год}^{-1}$ . Некоторые объекты требуют защитных мероприятий.

1	2	3	4	5
3	Вмешательство обязательно. Постоянный радиологический контроль и мониторинг. Организация работ по ликвидации радиоактивных отходов добычи и переработки урановых руд.	Эффективная доза более 5,0 мЗв/год. Индивидуальный риск превышает $2,8 \cdot 10^{-4}$ , год <sup>-1</sup> Отдельные элементы территории или объекты окружающей среды содержат радиоактивные отходы добычи и переработки урановых руд	Эффективная доза более 5,0 мЗв/год. Индивидуальный риск превышает $2,8 \cdot 10^{-4}$ , год <sup>-1</sup> . Отдельные элементы территории или объекты окружающей среды содержат радиоактивные отходы добычи и переработки урановых руд	Эффективная доза более 10,0 мЗв/год. Индивидуальный риск превышает $4,2 \cdot 10^{-4}$ , год <sup>-1</sup> Отдельные элементы территории или объекты окружающей среды содержат радиоактивные отходы добычи и переработки урановых руд

### Выводы

1. В настоящее время радиационно-загрязненные территории и объекты в Украине, в основном, идентифицированы и в достаточной мере изучены. Вместе с тем, в отношении этих территорий и объектов существует значительная неопределенность в части окончательных критериев после проведения реабилитационных мероприятий.

2. Методология анализа риска является общепризнанным инструментом в мировой практике для принятия решений по вопросам реабилитации территорий, подвергшихся загрязнению. В Украине этот инструмент в последнее время начал достаточно широко использоваться в исследованиях, посвященных оценке риска здоровью от влияния факторов окружающей среды. Рассмотрены вопросы применения процедуры оценки рисков для определения уровня очистки территории от радиационного загрязнения

3. Категорирование участков и объектов радиационного загрязнения должно быть основано на основе учета риска от облучения населения и осуществляться с учетом целей использования территорий и объектов.

### Список литературы

1. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). - М.: МЗ СССР, 1991. - 76 с. СП 2.6.1.799-99 – М.: Минздрав России, 2000. – 98 с
2. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ./Под общей ред. М.Ф.Киселева и Н.К.Шандалы. М.: Изд.ООО ПКФ «Алана». 2009.-312 с.
3. МАГАТЭ. Освобождение площадок от регулирующего контроля после завершения практической деятельности. Серия норм по безопасности МАГАТЭ. №WS-G-55.1 МАГАТЭ, Вена, 2008-42 с.
4. IAEA Safety Standards Series. Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents: safety requirements. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003 – 24 p.
5. МКРЗ. Публикация 82. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, Annals of ICRP, 1999. Vol. 29. – No. 1. – 41 .

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.  
Надійшла до редакції 03.11.2014*