

RADIATION SAFETY STATUS ON URANIUM MINES OF UKRAINE

Kovalevsky L.I., Operchuk A.P., Los I.P.

СОСТОЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УРАНОВЫХ ШАХТАХ УКРАИНЫ



**КОВАЛЕВСКИЙ Л.И.,
ОПЕРЧУК А.П., ЛОСЬ И.П.**

Научно-технический центр комплексного обращения с радиоактивными отходами (НТЦ КОРО), г. Желтые Воды,

СЭС объекта с особым режимом работы, пгт. Смолино Кировоградской обл.,

ГУ "Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины", г. Киев

УДК 613.648.4

СТАН РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА УРАНОВИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ

**Ковалевський Л.І.,
Оперчук А.П., Лось І.П.**

На підставі інформації про захворювання гірників уранових копалень на рак бронхо-легеневої системи оцінено величину ризику та ймовірну величину дози опромінення. Вони свідчать про погіршення стану радіаційної безпеки на уранових шахтах України.

Виявлено основні причини такої ситуації та обґрунтовано шляхи її покращання.

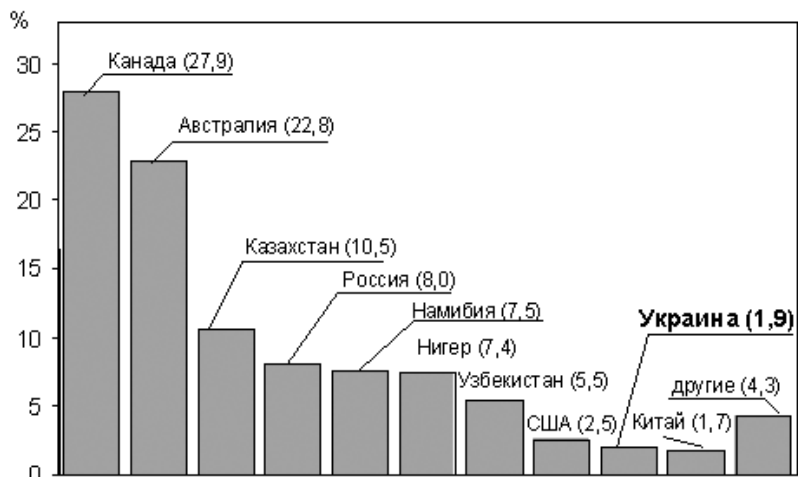
од радиационной безопасностью понимают состояние защищенности жителей страны и будущих поколений от возможного неблагоприятного воздействия ионизирующих излучений во всех ситуациях их жизнедеятельности.

По запасам урана Украина занимает шестое место в мире, по добыче (рис. 1) — девятое [1]. Сегодня работают две шахты в Кировоградской области — Смолинская (1900 человек, добывает 500-600 тыс. тонн руды) и Ингульская (1600 человек, добывает 300-450 тыс. тонн руды).

стве, риску онкологических заболеваний. Важно то, что величина этого риска не должна превышать принятых во всем мире значений для всех производств или видов деятельности.

Принято считать [2], что риск пренебрежительно мал, если вероятность смерти менее 10^{-6} год⁻¹, т.е. 1 случай на 1 миллион человек в год. Максимальный, но еще приемлемый риск для населения соответствует вероятности смерти не выше 10^{-4} год⁻¹ (1 смерть на 10000 в год). Максимальный, но по-прежнему допустимый

Производство урана в мире [1]



Урановые шахты являются важным элементом энергетической независимости страны. Добываемая урановая руда в процессе дальнейшей переработки становится источником ядерной энергии в реакторах АЭС, дополнительное строительство которых планируется на территории Украины. Поэтому важность этого производства для страны очевидна.

С другой стороны, работающие на этом производстве люди подвергаются дополнительному облучению и, как след-

риск для работающих на производстве (например при облучении на рабочих местах лиц из числа персонала урановых шахт) соответствует вероятности смерти 10^{-3} год⁻¹. То есть верхним пределом оправданности при практической деятельности с источниками ионизирующих излучений и, соответственно, для урановых шахт есть величина риска, равная одному случаю смерти от онкозаболевания на 1000 работающих в год. Эти величины приняты на международном

Рисунок 1

уровне, о чем свидетельствует ряд документов [3-5].

В радиационной безопасности принято считать, что величина риска пропорциональна величине дозы облучения. Эта зависимость носит линейный беспороговый характер, то есть нулевой дозе соответствует нулевой риск, а всякий прирост дозы приводит к приросту риска.

В радиационной безопасности используют следующие оценки номинальных коэффициентов вероятности стохастических эффектов на величину дозы (фатальные и нефатальные раки, тяжелые наследственные дефекты у потомков) [3]:

$5,6 \cdot 10^{-2} \cdot 3\text{в}^{-1}$ — при облучении взрослых работающих;

$7,3 \cdot 10^{-2} \cdot 3\text{в}^{-1}$ — при облучении населения всех возрастов (без учета эффектов при внутритрурном облучении).

Именно эти, принятые во всех странах методологические основы противорадиационной защиты и значения базовых цифр использованы нами для оценки ситуации на урановых шахтах Украины.

Основным неблагоприятным для здоровья фактором на урановых шахтах является излучение природных радионуклидов (урана, тория и их дочерних продуктов распада). Наибольшее облучение создается короткоживущими дочерними продуктами распада (ДПР) радиоактивного газа радона:

^{222}Rn (3,8 сут.) \rightarrow ^{218}Po (3,05 мин.) \rightarrow ^{214}Pb (26,8 мин.) \rightarrow ^{214}Bi (19,9 мин.) \rightarrow ^{214}Po (164 микросек.).

Современный уровень знаний дает основание утверждать, что облучение бронхолегочной системы человека ДПР радона может вызывать онкологические заболевания.

В работе [4] в п. Б.2 утверждается: "Типичный уровень облучения дочерними продук-

тами распада радона в шахтах, по которым имеются эпидемиологические данные, находится в пределах 10 WLM* в год. Это соответствует дозе примерно 50 мЗв в год и уровню смертности около $3 \cdot 10^{-3}$ в год".

После выхода в 1990 году Публикации 60 МКРЗ [2] и последующего документа МАГАТЭ [4] все развитые страны мира, в том числе и Украина, перешли на новые стандарты безопасности — 20 мЗв (вместо 50 мЗв) в год эффективной дозы облучения на рабочем месте [1], в том числе и для работающих на урановых шахтах. Это соответствует риску $1,2 \cdot 10^{-3}$ в год.

Там же [4] утверждается: "Оценка годовых доз гамма-излучения в урановых шахтах (...) соответствует 5-10 мЗв в год. Вероятность смертельных случаев рака легких (см. табл. 4 публикации 60 МКРЗ) составляет $8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3\text{в}^{-1**}$ и приводит к смертности от рака легких вследствие внешнего облучения $1 \cdot 10^{-4}$ в год. Это значение достаточно мало, чтобы учитывать его при интерпретации эпидемиологических данных". "Нет адекватных оснований для введения поправки на возможный риск рака легких вследствие воздействия пыли".

"Возможный вклад от ингаляции рудничной пыли очень неопределен. Концентрации респираторальной пыли порядка 10 мг·м⁻³ являются типичными для

урановых шахт. Удельная альфа-активность частиц пыли низка, и любой канцерогенный эффект может определяться больше физическими и химическими факторами, чем радиационными. Таким образом, нет адекватных оснований для введения поправки на возможный риск рака легких вследствие воздействия пыли. Подобная поправка будет уменьшать оцененный коэффициент риска, обусловленный ДПР радона".

Процитированные результаты исследований дают основание все случаи заболеваний раком легких среди подземных работников урановых шахт связывать только с дозой от ДПР радона.

Результаты исследований.

В настоящее время в мировой практике добычи урана широко используются персональные дозиметры, которые дают информацию об уровне ДПР радона и пыли в зоне дыхания каждого работающего и дозе его внешнего облучения.

В нашей стране до сих пор используется "точечный метод групповой дозиметрии", когда периодически (не ежедневно) проводятся соответствующие измерения в местах проведения работ. Основным недостатком такого подхода является то, что оценку радиационной ситуации проводят работники уранодобывающей компании. В условиях ограниченного доступа вневедомственных инспекционных служб нет гарантий объективности результатов оценки доз облучения. Поэтому целесообразно сравнить дозы облучения в период отсутствия персональных дозиметров во всех странах мира, включая СССР.

В обзоре ООН [6], по данным различных стран, приведены следующие уровни облучения подземных рабочих урановых шахт с 1975 по 1989 годы.



ПРОБЛЕМЫ ЧОРНОБИЛЯ

*WLM — рабочий уровень за месяц, равный кумулятивной экспозиции, полученной вследствие ингаляции в атмосфере с активностью ДПР радона, соответствующей 1 WL в течение рабочего месяца 170 часов.

WL — рабочий уровень — любая комбинация короткоживущих ДПР радона, обладающая скрытой энергией $1,3 \cdot 10^5$ МэВ·л⁻¹.

Скрытая энергия — суммарная энергия α -частиц, которая выделяется при полном распаде всех ДПР радона.

**Приведенное значение касается всего населения. Для работающих это значение составляет $6,8 \cdot 10^{-3} \cdot 3\text{в}^{-1}$, а вероятность смерти от рака легких будет еще меньше — $0,8 \cdot 10^{-4}$ (8 случаев на 100 тыс. работающих в год).

Средние эффективные дозы по всем 15 странам — 12-11 мЗв в год. В Канаде — 10,9-8,95 мЗв в год, Австралия — 4,76 мЗв в год, Восточной Германии — 15,8-11,9 мЗв в год, в СССР — 21,9 мЗв в год, Болгарии* — 200-82,4 мЗв в год при действовавшем в тот период нормативе 50 мЗв в год. Во всех странах, представивших данные для этого обзора по трем пятилеткам (1975-1979, 1980-1984, 1985-1989), видна тенденция к уменьшению доз облучения примерно на 8% за 15 лет.

Данные Болгарии, где использовались технологии СССР, по-видимому, соответствовали действительности. А вот представленные СССР данные по "закрытым" технологиям, которые проверить практически невозможно, вызывают сомнения. Но как бы там ни было, цифры свидетельствуют о радиационном благополучии на рабочих местах.

В настоящее время, по официально представленным в Национальную Комиссию радиационной защиты населения Украины (НКРЗУ) материалам [7], средние значения суммарных доз облучения за 2006 год на урановых шахтах Украины составляли 6,5-7,5 мЗв в год, и только для отдельных профессий они были 12-17 мЗв в год.

Таким образом, официальные данные прошлого и настоящего времени дают основания ситуацию с облучением персонала на урановых шахтах считать приемлемой, соответствующей мировым стандартам. Однако имеющиеся данные о заболеваемости персонала позволяют усомниться в этом выводе.

Среди подземного персонала шахт за последние 19 лет (табл. 1) раковая заболеваемость легких с 1991 года возросла в среднем в 2 раза. Уже эта информация свидетельствует об ухудшении радиационной обстановки на рабочих местах в урановых шахтах. Более детальную оценку ситуации можно сделать по приведенным данным в терминах величины риска.

По данным литературы [6], за период с 1975 по 1989 годы в СССР средняя доза облучения подземных рабочих составля-

* В Болгарии в то время действовали нормативы Советского Союза.

ла 21,9 мЗв в год. При такой дозе величина риска заболевания раком легких должна составлять $1,3 \cdot 10^{-3}$ в год.

В то время шахты и соответствующие предприятия по выделению урана относились к объектам с секретными технологиями. Поэтому доступ к любой информации был весьма ограниченным. Тем не менее величина риска (по данным отечественной литературы 9) составляла $3 \cdot 10^{-4}$ в год, что свидетельствует о высоком уровне радиационной защищенности работников шахт в СССР. Однако по данным табл. 1, которая появилась после снятия ограничений на доступ к информации, эта величина составляет 33 случая / 1500 чел. / 7 лет = $3,14 \cdot 10^{-3}$ в год.

Этот показатель более чем в 10 раз ниже приведенных в литературе [10] данных. Причин этому много, но очевидно, что и литературные данные вызывают сомнения из-за слишком низкой величины риска, но несомненно то, что порядок на шахтах, как и во всем промышленном комплексе бывшего СССР, в те годы резко ухудшался. Ухудшалась и радиационная ситуация на рабочих местах.

За годы независимости Украины ситуация на урановых шахтах ухудшилась еще бо-

льше ухудшилась. Величина риска заболевания раком легких за эти годы увеличилась до $6,44 \cdot 10^{-3}$ в год, т.е. до более 6 заболеваний на 1000 работающих. Нетрудно подсчитать, что такому значению риска соответствует доза более 100 мЗв в год при лимите дозы для персонала, предусмотренного НРБУ-97 [2], 20 мЗв в год. Поэтому даже с учетом новой Публикации МКРЗ № 103 "Радиационная защита" [11], где приведены новые значения коэффициентов риска, вывод о значительном ухудшении радиационной ситуации на рабочих местах в урановых шахтах остается неизменным.

Наиболее важным в данном случае является выяснение причин возникновения этого состояния на шахтах и обоснование путей их устранения.

Основные причины ухудшения радиационной ситуации на урановых шахтах

Система радиационной безопасности основывается на соответствующих нормативных и инструктивно-методических документах и независимом контроле над их выполнением.

С момента независимости Украины (с 1991 г.) международные организации (МКРЗ, МАГАТЭ, Евроатом) выпустили около сотни соответствующих документов в области радиационной безопасности. МОЗ России утвердил за это время 244 документа (см. www.cge81.ru/docs/d1/rad-gig.doc), МОЗ Украины — около 15. Более того, подготовленные и направленные в МОЗ Украины еще в 2004 году "Санитарные правила эксплуатации урановых рудников" (80 стр.) до сих пор не утверждены. Оценка доз облучения подземного персонала шахт проводится по неутвержденной государственными регуляторами страны методике.

Использование "доморощенных" методик оценки доз облучения персонала на рабочих местах свидетельствует об отсутствии надлежащего контроля, верховенства корпоративных интересов, безответственного отношения к защите здоровья работающих как со стороны работодателей, так и со стороны законодателей и контролирующих государственных

Таблица 1
Частота заболеваний раком легких подземного персонала урановых шахт Украины (1500 чел.) [8, 9]

Годы	Кол-во заболеваний
1984	2
1985	2
1986	4
1987	4
1988	10
1989	6
1990	5
Всего	33
1991	9
1992	11
1993	18
1994	8
1995	12
1996	12
1997	6
1998	10
1999	11
2000	4
2001	3
2002	12
Всего	116

структур. Поэтому отсутствие необходимых нормативных документов и надлежащего контроля над их выполнением следует считать основной причиной столь плохого состояния радиационной безопасности на урановых шахтах Украины.

Более того, действующий сегодня документ [12] о лицензионных условиях деятельности по добыче урановых руд, который был утвержден Министерством экологии и природных ресурсов Украины еще в 2001 году (тогда это министерство регулировало проблемы радиационной безопасности) до сих пор не приведен в соответствие с существующей реальностью. Сегодня регулирующий государственный орган в области ядерной и радиационной безопасности выведен из состава Минэкологии и проводит самостоятельно лицензирование всех видов деятельности с источниками ионизирующих излучений. Но в соответствии с названным документом именно урановые шахты до сих пор лицензируются Министерством экологии, в котором нет сегодня соответствующих специалистов и опыта в области радиационной безопасности.

Важность сказанного подтверждает следующее. В 1996 году Главная государственная экологическая инспекция совместно с ЦПГДЛ ВостГОКом (организацией, осуществляющей текущий радиационный контроль на шахтах) во время очередной смены провели контрольные измерения фактической радиационной обстановки на отдельных рабочих местах на шахте "Новая". Добыча урана на "Новой" была прекращена в 1990 году. На момент контрольных измерений в ней добывали руду для получения скандия и железа, а система противорадиационной защиты работала в обычном режиме. Результаты измерений зафиксировали диапазон ДПР радона от 5813 до 64850 Бк·м⁻³ — т.е. превышение нормативов для шахтеров урановых шахт, установленных еще НРБ-76/87 во времена СССР, составляло от 5,2 до 58,4 раз. В журналах регистрации радиационной обстановки на рабочих местах этой шахты ни разу не фиксировались подобно рода значения.

RADIATION SAFETY STATUS ON URANIUM MINES OF UKRAINE

Kovalevsky L.I., Operchuk A.P., Los I.P.

It was used information about fraction of bronchopulmonary carcinoma of miners on uranium mines. Value of risk and expected value of radiation dose were estimated. These data are indicative of degradation of radiation safety status on uranium mines of Ukraine. Principal causes of such situation were determined and ways of its improvement were justified.

По данным годовых отчетов по радиационной безопасности (форма 10-РТБ), уровни облучения шахтеров урановых шахт в указанный период не превышали установленных пределов доз облучения. Но приведенные в работе [13] обобщенные результаты независимых радоновых съемок (табл. 2) свидетельствуют о постоянном превышении гигиенических нормативов на урановых шахтах Украины.

Данные табл. 2 за 1997-1998 годы по величине дозы показывают существенное улучшение радиационной ситуации на рабочих местах в сравнении с предыдущими годами. В действительности, как считают авторы этих исследований, относительно небольшое улучшение радиационной ситуации на рабочих местах фиктивное. Это "улучшение" связано с уменьшением добычи урана в этот период (с 1996 года — в два раза [14]) и, как следствие, сокращением рабочих мест, концентрацией горных работ). Об этом свидетельствуют помещенные в табл. 2 измеренные значения ДПР радона A_{max} , превышающие нормативные значения того времени — 1100 Бк·м⁻³.

Приведенные результаты высветили еще одну важную причину создавшейся плохой радиационной ситуации — отсутствие независимого контроля ее качества на шахтах. Существующий ведомственный контроль всегда будет делать смещения в оценках ситуации в пользу желаемых результатов.

В работе [15] было показано, что эффективность проветривания урановых рудников можно оценить по содержанию радона в воздухе выработок и оптимальности расположения там рабочих мест. В зависимости от эффективности использования вентиляционной сети в системе проветривания (главного компонента качества рабочей среды) среднее значение радиационной обстановки может меняться в десятки раз. Поэтому оптимизация работы вентиляционной системы и размещение рабочих мест может существенно влиять на величину дозы облучения.

В работе [16] на примере Ингульской шахты показано, что на момент проведения радоновой съемки

□ при фактической производительности главной вентиляторной установки (ГВУ) 274 м³·с⁻¹ на рабочий горизонт

Таблица 2

Обобщенные результаты радоновых съемок и соответствующие им значения средних расчетных доз D, мЗв·год⁻¹

Год съемок	Рудник	D*, мЗв·год ⁻¹	A _{max} *, Бк·м ⁻³
1980	Смолинский	99**	
1984	Смолинский	106,5**	
1984	Ингульский	108,5**	
1988	Ингульский	95**	
1997	Смолинский	68,5***	2780
1998	Ингульский	51***	10729

+ — A_{max} — максимальные измеренные значения;

* — существующий норматив на момент проведения съемок (НРБ-76/87) — 5 бэр·год⁻¹ (50 мЗв·год⁻¹) при допустимой концентрации на рабочем месте ДКА ДПР радона — 1100 Бк·м⁻³;

** — дозовая составляющая только по ДПР радона;

*** — дозовая составляющая по сумме радиационных факторов (ДПР радона; мощности дозы гамма-излучения; активности долгоживущих альфа-нуклидов в воздухе рабочей зоны).

210/280 метров поступало $123 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ при требуемых по радиационному фактору $217 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

□ средневзвешенная годовая нагрузка по ДПР радона на рабочих поэтажных выработках превышала в 1,91 раза нормативные значения;

□ дозовая нагрузка за счет ДПР радона в отдельных случаях достигала 5-кратного превышения нормативных значений.

Проведенный расчет по существующим математическим моделям показал, что для обеспечения допустимых радиационных условий на выработках горизонта 210/280 м нужно было бы иметь производительность ГВУ $500 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

Выполненные по этой же модели вентиляционной сети расчеты позволили авторам работы [16] предложить мероприятия, которые позволяли

□ в 5,3 раза снизить дозовую нагрузку на шахтеров в рабочих выработках горизонта 210/280 м;

□ в 2 раза снизить воздухопотребность рудника по радиационному фактору ($217 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ до $110,9 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$);

□ снизить существующую производительность ГВУ с $274 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ до $159 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ и обеспечить непревышение дозовых пределов на всех рабочих местах.

Для этого необходимо было установить 10 перемычек в определенных местах горных выработок. При этом ожидаемый экономический эффект рекомендуемого варианта составлял бы 2 432 000 грн. в год. Однако, руководством предприятия этот научно обоснованный вариант обеспечения надлежащей защиты здоровья работающих остался нереализованным. Пассивность руководства урановых шахт в этих вопросах — это одна из причин столь плохого состояния радиационной защиты.

Восприятие величины риска людьми зависит от величины получаемых благ, связанных с этим риском. Высокая зарплата, низкая смертность от аварийности на рабочих местах, проявление неблагоприятных эффектов для здоровья не сразу после воздействия ионизирующих излучений, а с задержкой в годы — десятки лет, отсутствие рецепторов на излучение, незнание истинной си-

туации в отрасли с проблемами заболеваемости онкологическими болезнями работающих или работавших на этом производстве (что есть наиболее важным фактором) создают ложное представление о благополучности этой работы у людей, ищущих работу.

Но руководство предприятий обладает полной информацией и должно понимать, что современные основы повышения рентабельности работы предприятия — это вложение денег либо в обеспечение сохранения здоровья работающих, либо в оснащение производства робототехникой.

Отсутствие дефицита рабочей силы — это результат пассивности руководства предприятий в решении этой проблемы.

Выход из создавшегося положения есть, и он реализован во многих странах мира. Например [17], в штате Висконсин (США), где работают две атомные станции, действует нормативный документ, предусматривающий перед зачислением на работу с источниками ионизирующих излучений прохождение образовательного курса, посвященного дозам и рискам с последующей сдачей контрольной работы (оценка величины риска для условий различных доз облучения и сравнение ее с другими рисками в жизни). Иными словами, будущий работник должен знать правду о сопровождающих его будущую деятельность рисках. Только в этом случае выбор данной работы можно считать добровольным, что соответствует принципу свободы выбора — основы демократического общества.

В Украине нет подобного рода нормативных документов, но необходимость в них — очевидна.

Выводы и предложения

Проведенный анализ состояния дел на шахтах показывает, что основными причинами неблагоприятной радиационной обстановки в уранодобывающей отрасли являются:

□ отсутствие необходимой нормативной и инструктивно-методической основы производственной деятельности по добыче урановых руд;

□ отсутствие независимого, вневедомственного объективного радиационного контроля;

□ невыполнение админи-

страциями объектов требованиями действующих законов Украины: "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення", "Про охорону праці", "Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності", "Про видобування та переробку уранових руд" тощо.

Устранение перечисленного, внедрение индивидуальной дозиметрии, доступность информации — вот та основа, которая обеспечит надлежащий уровень радиационной безопасности на производствах по добыче и переработке урановых руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.eizvestia.com/markets/fall/29331>.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) // Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1. — 6.5.001-98. — К., 2000.
3. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. — Ann. ICRP. — 1991. — Vol. 21, № 1-3. — 2001.
4. ICRP Publication 65. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. — Ann. ICRP. — 1993. — Vol. 23, № 2. — 45 p.
5. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. Организаторы-спонсоры: ФАО, МАГАТЭ, МОТ, ОЭСР/АЯЭ, ПОЗ, ВОЗ. Серия изданий по безопасности, №115. — Вена, МАГАТЭ, 1997. — 382 с.
6. United Nations. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations. — New-York, 1993.
7. Рішення НКРЗУ від 28.09.2007, протокол № 15, 13 стр. — Лист розсилки від 16 листопада за № 02/41-117. Архів відділу радіаційної гігієни ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМНУ".
8. Оперчук А.П., Вечеровский В.В. "О профзаболеваемости на урановых шахтах". — Охрана труда. — 2001. — № 3.
9. Отчет по научно-исследовательской работе по г/д № 1196. "Розробка "Санітарних правил експлуатації урано-

вих рудників" з урахуванням вимог чинних нормативно-правових документів в частині санітарно-гігієнічних та радіоекологічних вимог і показників", 2003.

10. Чухин С.Г. Социально-экономические критерии приемлемости радиационного риска новых радиационных технологий. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 64 с.

11. Лось І.П., Цимбалюк О.М., Тарасюк О.Є. Еволюція системи радіаційної безпеки в рекомендаціях МКРЗ 2007 року // Вісник гігієни та епідеміології, т. 11, № 2: 2007, м. Донецьк. С. 259-263.

12. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з видобування уранових руд. Наказ Державного комітету України з питань регуляторної політики та підприємництва, Міністерства екології та природних ресурсів України від 13 лютого 2001 р. № 30/50.

13. Ковалевский. Л.И. Метод расчета радиационной обстановки при разработке урановых месторождений системами с поэтажной отбойкой. На примере рудников ВостГОКа. Диссертация к.т.н., 1994 г. ВНИИпт, Москва. А-12767. — 1994.

14. United Nations. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York, 2000.

15. Павлов И.В., Зеленков Е.А. Новый методический подход к расчету воздухопотребности рудника по радиационному фактору и оценке эффективности использования защитных средств. — Вопросы атомной науки и техники. Серия "Геология и горное дело". Вып. 1 (18). — 1983.

16. Отчет НИР "Исследование радиационной обстановки в шахте "Северная" Ингульского РУ ВостГОКа и разработка рекомендательных мероприятий по оптимизации проветривания горных выработок". 1998 г., фонды ООО НПП "Прогресс-1".

17. Wisconsin Administrative Code Chapter HFS 157 — Radiation Protection Regulatory Guide 8.29 (WISREG 8.29) — Instruction Concerning Risks From Occupational Radiation Exposure — June 2002. — 21 p.