

Опыт выполнения экспертных оценок уровня радиационной безопасности при добыче и переработке урановых руд

На основании опыта, полученного при проведении экспертных оценок уровня радиационной безопасности деятельности на урановых объектах, показана необходимость разработки детальных требований к структуре и содержанию проектной документации по обоснованию радиационной безопасности, увеличения объема радиационного контроля на урановом объекте и за его пределами, корректировки действующих нормативных документов, разработки методик оценки воздействия уранового объекта на персонал, население и окружающую среду, проведения радиационного контроля и обеспечения безопасности при изыскательских работах на урановых месторождениях.

Ключевые слова: радиационная безопасность, урановые объекты, техногенно-усиленные природные радионуклиды, дочерние продукты распада радона, долгоживущие альфа-радионуклиды.

В. І. Богорад, Є. П. Кадкін, А. В. Носовський

Досвід виконання експертних оцінок рівня радіаційної безпеки в процесі видобутку й переробки уранових руд

На підставі досвіду, отриманого під час проведення експертних оцінок рівня радіаційної безпеки діяльності на уранових об'єктах, показана необхідність розробки детальних вимог щодо структури та змісту проектно-документації з обґрунтування радіаційної безпеки, збільшення обсягу радіаційного контролю на урановому об'єкті та за його межами, коригування діючих нормативних документів, розробки методик оцінки впливу уранового об'єкта на персонал, населення і навколишнє середовище, проведення радіаційного контролю та забезпечення радіаційної безпеки при розвідувальних роботах на уранових родовищах.

Ключові слова: радіаційна безпека, уранові об'єкти, техногенно-підсилені природні радіонукліди, дочірні продукти розпаду радону, довгоживучі альфа-радіонукліди.

© В. И. Богорад, Е. П. Кадкин, А. В. Носовский, 2013

В настоящее время потребности атомной энергетики Украины удовлетворяются за счет отечественного урана только на 30 % [1, 2], и одной из важнейших задач промышленности является увеличение производства концентрата природного урана, как минимум, до полного обеспечения потребностей отечественных АЭС за счет ввода в эксплуатацию новых месторождений.

Рост объемов добычи и переработки урановой руды может привести к увеличению воздействия на персонал, население и окружающую среду (ОС) в районах размещения предприятий, поэтому обязательным условием при решении указанных задач является соблюдение всех требований по обеспечению радиационной безопасности (РБ) персонала, населения и ОС как при эксплуатации уранодобывающих и перерабатывающих предприятий, так и при их консервации и снятии с эксплуатации.

С 2010 г. ГНТЦ ЯРБ систематически проводит экспертные исследования проектов на урановых объектах (совокупность основных промышленных производств и вспомогательных объектов, обеспечивающих технологический цикл добычи и переработки урановых руд, шахты, рудники, карьеры, геологоразведочные подземные выработки, комплексы подземного выщелачивания, гидрометаллургические заводы, обогатительные фабрики, хвостовые хозяйства, транспортные предприятия [3]).

При проведении оценки уровня РБ эксперты часто сталкиваются с рядом проблем, связанных с недостаточностью и (или) некорректностью приведенной в проектах информации по радиационному воздействию на персонал, население и ОС, отсутствием адекватных методов оценки такого воздействия, а также с несовершенством либо устарелостью соответствующей нормативной базы. Некоторые из этих проблем рассматриваются в настоящей статье; на основании опыта, полученного при проведении экспертных исследований проектов по добыче и переработке урановых руд, предлагаются возможные пути их решения.

Целью выполнения экспертных исследований проектных материалов урановых объектов (УО) является оценка соответствия представленной на рассмотрение проектной документации требованиям действующих в Украине норм, правил и стандартов по ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ).

Добычей и переработкой урановых руд в Украине в настоящее время занимается государственное предприятие «Восточный горно-обогатительный комбинат» (ГП «ВостГОК»), которое эксплуатирует запасы Центрального, Мичуринского и Ватутинского месторождений с последующей переработкой добытой руды и химических концентратов с полигонов кучного и блочного выщелачивания на гидрометаллургическом заводе (ГМЗ) в г. Желтые Воды Днепропетровской обл.

В разработанных проектах на действующих добывающих и перерабатывающих предприятиях материалы по обеспечению РБ представляются либо в виде отдельного тома, либо в виде отдельного раздела в общей пояснительной записке. Требования к структуре и содержанию документов, в которых рассматриваются вопросы обеспечения радиационной безопасности при реализации конкретных проектов в рамках выданной лицензии на предприятиях по добыче и переработке урановых руд, в Украине отсутствуют. И только в документе [4], действие которого распространяется на рудники и предприятия по переработке радиоактивных руд, указывается, что проектная документация должна содержать необходимую

и достаточную информацию по обеспечению РБ на предприятиях по добыче и переработке урановых руд, однако критерии необходимости и достаточности отсутствуют.

Анализ проектной документации, представленной лицензиатом в различных проектах, показывает, что в полном объеме эти требования ни в одном проекте не были выполнены. Так, отсутствует (либо недостаточна) информация о радиационной обстановке на территории предприятия, в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН); не приводятся проектные значения выбросов для данного предприятия; нет сведений по обеспечению РБ персонала при проведении работ по созданию и обустройству новых горных выработок на шахте и при работах на площадках УО. В то же время в проектах часто приводится избыточная информация, которая либо в дальнейшем не используется, либо вообще не имеет отношения к данному проекту. Отсутствие необходимой и достаточной информации об обеспечении РБ на предприятиях по добыче и переработке урановых руд в проектной документации существенно затрудняет проведение экспертных оценок и требует дополнительного времени на запросы недостающих материалов.

В проектах, которые направляются на экспертизу и разработаны для действующих урановых шахт и ГМЗ, должна использоваться общая информация (радиационная обстановка на предприятии, в СЗЗ и ЗН, геологические, гидрологические и климатические условия на площадке предприятия, дозы эксплуатационного персонала УО и дозы населения до реализации данного проекта и т. п.). Такую информацию необходимо представлять и в первичном отчете по анализу безопасности (ОАБ), который подается в регулирующий орган для получения лицензии на добычу и переработку урановых руд [5], а также в периодических отчетах по радиационной безопасности [6], и она действительно приводится в ОАБ [7]. Однако должна приводиться не просто информация о состоянии РБ на площадке, в СЗЗ и ЗН УО, а должны анализироваться, во-первых, влияние различных факторов на дозу персонала и населения (в частности, изменение объемов выбросов и сбросов радионуклидов в зависимости от объемов добычи и переработки урановой руды на УО), а во-вторых, — необходимость и достаточность комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению РБ (включая систему радиационного контроля и систему обращения с отходами) на предприятии. В ОАБ должно быть обобщено, что индивидуальные дозы облучения персонала как при нормальной эксплуатации, так и при проектных авариях не будут превышать установленных лимитов доз и величин индивидуальных доз, а количество облучаемых лиц и вероятность облучения будут настолько низкими, насколько это достижимо с учетом экономических и социальных факторов [8].

При этом необходимо принять во внимание возможное изменение РБ УО за счет реализации новых проектов на данном предприятии [8]. Первичный ОАБ должен периодически корректироваться с учетом изменения радиационной обстановки и (или) с учетом реализации новых проектов на данном предприятии.

Основной вклад в эффективную дозу облучения персонала при добыче и переработке урановых руд на УО дает внешнее и внутреннее облучение от короткоживущих дочерних продуктов распада радона (ДПР) в воздухе и долгоживущих радионуклидов ряда урана (ДАН) в производственной пыли. Указанные радионуклиды согласно [4]

отнесены к техногенно-усиленным источникам природного происхождения (ТУИПП), а добыча и переработка урановых руд квалифицируются как практическая деятельность. ТУИПП в рамках этой деятельности определяются как индустриальные, а персонал, который занимается добычей и переработкой урановых руд, отнесен к категории А. В этом случае для УО должна быть установлена допустимая объемная активность (ДОВА) радона и ДПР радона на рабочих местах персонала УО. Однако в НРБУ-97 [9] указанные величины не определены, хотя в то же самое время этот документ устанавливает соответствующие допустимые уровни для персонала, деятельность которого не связана с добычей и переработкой урановых руд. ДОВА радона, ДПР и ДАН были определены в документах бывшего СССР, в частности в [10], но эти документы основаны на использовании устаревших подходов к РБ и нуждаются в пересмотре. Отметим, что в нормативных документах РФ, в частности в [11], для персонала группы А определены как предел годового поступления (ПГП), так и ДОВА и ДПР радона (торона).

Проектная суммарная доза внешнего и внутреннего текущего облучения персонала УО не должна превышать предела дозы, установленного для персонала [4, 9]. Согласно проектной документации, на объектах ГП «ВостГОК» контроль внешнего и внутреннего облучения персонала категорий А и Б осуществляется на основании данных по радиационной обстановке на рабочих местах и учета времени работы работников расчетным методом. Кроме того, проводится индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) внешнего облучения персонала с применением индивидуальных дозиметров, а именно женщин детородного возраста (до 45 лет) и лиц из числа персонала категории А, у которых суммарная годовая эффективная доза может достигать 10 мЗв. Дозовые нагрузки персонала рассчитываются по усредненным показателям условий труда на основных видах горных работ, что нельзя считать корректным подходом: при этом занижается реальное значение параметров радиационной обстановки, а реальная доза персонала на конкретном рабочем месте будет существенно выше. Из представленной в проектах информации видно, что на отдельных рабочих местах объемная активность (ОА) ДПР радона превышает допустимые значения (1200 Бк/м^3); в этом случае годовая внутренняя доза работника может превысить 20 мЗв. В дополнительных материалах к проектам (представленным по запросам экспертов) утверждается, что администрация шахты по результатам дозиметрического контроля предпринимает необходимые меры относительно ротации персонала на рабочих местах для обеспечения его безопасности, однако в официальных программах дозиметрического контроля такие мероприятия не упомянуты и такой подход не может считаться приемлемым. Согласно [12], допускается превышение контрольных (а не допустимых) уровней лишь в отдельных случаях при нестационарных, аварийных, эпизодических работах при обязательном согласовании с регулирующими органами, однако в представленных проектах информация о таком согласовании отсутствует. В большинстве случаев в проектной документации также отсутствует информация о достаточности объема РК для определения радиационной обстановки на рабочем месте, хотя требование по обоснованию достаточности объема РК приведено в [12].

И в проектных документах, и в ежегодных отчетах по РБ приводится количество работников различных подразделений, получивших годовую дозу отдельно от внешнего

и внутреннего облучения менее 1 мЗв, от 1 до 2 мЗв и так далее до 50 и выше 50 мЗв. Однако отсутствует аналогичная информация о суммарной дозе для этих групп, что не позволяет сделать вывод о непревышении предела дозы для персонала при проведении конкретных работ. В работе [13] сказано, что с 1991 г. заболеваемость раком легких на урановых шахтах возросла в среднем вдвое, что свидетельствует о реальном ухудшении радиационной обстановки на рабочих местах в урановых шахтах, хотя в официальных отчетах по РБ доза персонала не превышает 20 мЗв/год. Таким образом, возникает необходимость проверки представляемой в проектах информации о радиационной обстановке проведением независимого, вневедомственного радиационного контроля на УО.

В проектных материалах для оценки доз персонала и населения, в основном, использовалось техническое руководство [14] по оценке доз персонала, проводящего работы в шахте и на поверхностных комплексах, а также доз населения за границами СЗЗ предприятия. Численные значения коэффициентов в формулах для перехода от ОА радона (торона) и соответствующих дочерних продуктов распада и ДАН к дозе получены делением числовых значений допустимых доз персонала и квоты дозы для населения на соответствующую допустимую активность и референтное время облучения. Такой подход не соответствует рекомендациям МАГАТЭ и международному опыту [15–17, 18]. Существует необходимость разработки новой методики расчета дозы персонала на УО.

Согласно [4], проектная суммарная доза внешнего и внутреннего текущего облучения населения не должна превышать квоты предела дозы, установленной для данного предприятия, однако в проектных материалах квоты не приводятся, хотя на основе этой квоты для каждого объекта должны устанавливаться допустимые сбросы (ДС) и допустимые выбросы (ДВ) радионуклидов, причем разработка и утверждение величин ДВ и ДС должны проводиться в порядке, установленном Минздравом Украины [9]. Однако информация о допустимых выбросах радионуклидов для УО в проектной документации также отсутствует.

В проектной документации приводятся результаты оценки доз критической группы населения при реализации конкретного проекта и делается вывод о непревышении годовых дозовых пределов для населения. Причем в одних проектах под дозовым пределом понимается значение 1 мЗв — предел эффективной дозы для населения согласно табл. 5.1 НРБУ-97, а в других — 0,120 мЗв, т. е. квота предела дозы за счет выброса согласно табл. 5.2 НРБУ-97. При этом заметим, что, во-первых, величины квот предела дозы облучения населения в табл. 5.2 не учитывают возможность наличия нескольких источников облучения для одной критической группы населения, а во-вторых, в проектной документации учитывается влияние только работ по проекту без учета воздействия от других источников для данного УО, тогда как суммарное воздействие УО на население и ОС с учетом влияния работ по новому проекту может превысить допустимые значения. Анализ же изменений объемов выбросов и сбросов радионуклидов в зависимости от объемов добычи и переработки урановой руды на УО не проводится и, соответственно, не дается в проектных материалах. Но именно такой анализ должен выполняться как в первичном, так и в периодических ОАБ для УО, что должно быть отмечено в требованиях к структуре и содержанию соответствующих ОАБ.

Радиационное воздействие УО за пределами СЗЗ оценивается с помощью специального программного комплекса, однако при этом не анализируются ни погрешность оценки, ни применимость данного программного комплекса для таких оценок.

Анализ приведенной в проектах информации о текущей ОА ДПР радона и ДАН уранового ряда в воздухе и за границами СЗЗ показывает большую вариацию указанных величин в течение года. В отдельных точках сумма отношений ОА ДАН к ДОО соответствующих радионуклидов в воздухе превышает 1, при этом фоновые значения (вернее, те значения, которые проектанты считают фоновыми) с учетом погрешности измерения практически не отличаются от текущих значений в ЗН. Аналогична ситуация и для ДПР радона.

Таким образом, основной проблемой в оценке влияния УО на население и ОС является недостаточность информации, предоставляемой лицензиатом в проектной документации, о состоянии радиационной обстановки в СЗЗ и ЗН УО, а также об уровне фоновых значений природных радионуклидов в СЗЗ и ЗН.

Необходимо учитывать наличие двух компонент фона: естественной и техногенной.

Говорить о естественном фоне без учета техногенной составляющей для УО, которые уже эксплуатируются десятилетиями, не имеет смысла, однако исследование радиационной обстановки на территориях, где только планируется осуществлять добычу и переработку радиоактивных руд, является актуальной задачей. Поэтому еще до начала опытной эксплуатации урановых шахт и предприятий по переработке урановых руд (включая площадки по подземному выщелачиванию) эксплуатирующая организация должна предоставлять реальную информацию по радиационной обстановке на площадке, в СЗЗ и ЗН.

Для исследования техногенной компоненты фона нужно проанализировать имеющуюся информацию о радиационной обстановке как в СЗЗ и ЗН, так и в удаленных от УО точках, и провести дополнительные исследования концентрации радиоактивных аэрозолей в атмосферном воздухе, радиоактивной загрязненности почвы, содержания радионуклидов в воде открытых водоемов и источников водоснабжения, содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Согласно программе дозиметрического контроля для урановых шахт, частота измерений за пределами СЗЗ составляет один раз в год, но приведенная в проектах информация о радиационной обстановке за пределами СЗЗ указывает на необходимость существенно увеличить частоту измерений радиационных параметров для получения более представительной информации. Кроме того, в соответствии с [19], одновременно с измерениями в ЗН на выбросах вентиляционных шахт должны проводиться измерения метеопараметров (скорость ветра, направление ветра, осадки и пр.) и суммарной альфа-активности аэрозолей, а также определяться концентрация и суточный дебит радона. Все измерения должны быть привязаны к определенным видам работам на УО для установления корреляции между выбросами из УО и изменением радиационной обстановки на площадке УО, в СЗЗ и за ее пределами.

В действующих в Украине нормативно-правовых актах и нормативных документах, как правило, рассматриваются вопросы обеспечения РБ при добыче и переработке урановых руд, в то время как отсутствуют требования

по обеспечению РБ при проведении изыскательских (геологоразведочных) работ, связанных с поиском урановых месторождений (в частности при проходке геологоразведочных подземных выработок, бурении). МАГАТЭ [17] такие изыскательские работы включены в перечень работ, при которых необходимо контролировать профессиональное как внешнее, так и внутреннее облучение персонала от дочерних продуктов радона (торона) или от пыли, а также работ, для которых необходимо получение лицензии. Так, в Австралии руководство по обращению с природными радиоактивными материалами при добыче и переработке минерального сырья [20] требует, чтобы перед началом изыскательских работ в регулирующий орган предоставлялся план по радиационной безопасности при проведении буровых работ, отбору образцов, дезактивации оборудования и т. п. При проведении работ требуется контролировать выбросы и сбросы, которые могут привести к загрязнению ОС, обеспечить дезактивацию оборудования и безопасное обращение с отходами производства.

В [2] отмечается, что в настоящее время в Украине определены с разной степенью разведки и оценки 53 участка залегания урановых руд, причем в [21] говорится о перспективных Красно-Шахтерском и Северо-Березнянском рудопоявлениях с содержанием урана в рудах до 4–6 %. Если учесть, что руды Новокопальского месторождения содержат порядка 0,2 % урана, то проведение даже изыскательских работ на месторождениях с содержанием урана в рудах порядка 4–6 % может сопровождаться радиационным воздействием на персонал, население и ОС. Получение информации о радиационной обстановке и обеспечение РБ на этих участках является актуальной задачей.

Выводы

Опыт выполнения экспертных оценок РБ проектов по добыче и переработке урановых руд свидетельствует о необходимости:

- 1) пересмотра требований к периодичности и содержанию отчетов по анализу безопасности, представляемых лицензиатами в сфере добычи и переработки урановых руд;
- 2) корректировки с учетом рекомендаций МАГАТЭ и международного опыта действующих в Украине нормативных документов по вопросам добычи и переработки урановых руд, в частности установлений в НРБУ-97 допустимых уровней объемной активности радона (торона) и ДПР радона (торона) на рабочих местах персонала УО, а также корректировки информации о квотах предела дозы для населения;
- 3) разработки специальных методик для расчета допустимых выбросов и сбросов естественных радионуклидов УО с учетом распространения естественных радионуклидов (включая радон) в атмосфере;
- 4) разработки с учетом рекомендаций МАГАТЭ и международного опыта новых инструментально-методических документов по оценке доз как персонала УО, так и критических групп населения за пределами СЗЗ УО;
- 5) организации независимого вневедомственного радиационного контроля на урановых объектах для проверки достоверности информации о радиационной обстановке;
- 6) предоставления регулирующему органу со стороны эксплуатирующей организации перед началом

эксплуатации урановых шахт и предприятий по переработке урановых руд (включая площадки по подземному выщелачиванию) объективной информации о состоянии радиационной обстановки на площадке, в СЗЗ и ЗН для оценки влияния УО на ОС;

7) проведения в течение нескольких лет (при участии внешних независимых организаций) периодического контроля динамики, количества и состава организованных выбросов предприятия и состояния радиационной обстановки в районах расположения постоянно действующих источников радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, территории и водоемов с целью получения объективной информации о радиационной обстановке на площадке УО и в его СЗЗ и ЗН;

8) взятия под регулирующий контроль проведения изыскательских (геологоразведочных) работ по поиску урановых месторождений.

Список использованной литературы

1. Энергетична стратегія України на період до 2030 року. — http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/FIN38530.html
2. Галузева програма розвитку уранового виробництва на період до 2030 року. — <http://document.ua/galuzeva-programa-energoefektivnosti-ta-energozberezhennja-u-nor17772.html>
3. Закон України «Про видобування та переробку уранових руд» від 19.11.1997 № 645/97-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). — 1998. — № 11–12. — Ст. 39.
4. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005). ДСП 6.177–2005–09–02 / М-во охорони здоров'я України. — 2005.
5. Умови та правила провадження діяльності з переробки уранових руд (НП 306.4.03/2.045–2001). — Затвердж. наказом Мінекоресурсів України 20.03.2001 № 110; зареєстровано в М-ві юстиції України 02.04.2001 за № 300/5491.
6. Вимоги до періодичності та змісту звітів, що надаються ліцензіатами у сфері використання ядерної енергії. — Затвердж. наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 16.10.2006 № 162. — <http://tc.nusta.com.ua/dkpkp/dgerela/211.htm>
7. Звіт про аналіз безпеки провадження діяльності з переробки уранових руд, купного та блокового вибуговування / М-во палива та енергетики України; ДП «Східний гірничозбагачувальний комбінат». — Жовті Води, 2010.
8. Вимоги до форми та змісту звіту про аналіз безпеки провадження діяльності з переробки уранових руд (НП 306.5.03/2.044–2001).
9. Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).
10. Санітарні норми проектування підприємств і установок атомної промисловості (СНП-77). — Ч. VI: Требования к проектированию объектов по добыче радиоактивных руд. — М-во среднего машиностроения СССР, 1978.
11. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы СанПин 2.6.1.2523–09. — Утвержд. постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 № 47.
12. Методические указания по контролю радиационной обстановки на урановых рудниках. — М-во среднего машиностроения СССР, 1987.
13. Ковалевский Л. И. Состояние радиационной безопасности на урановых шахтах Украины / Л. И. Ковалевский, А. П. Оперчук, И. П. Лось // Довкілля та здоров'я. — 2008. — № 2 (45). — С. 14–19.
14. Керівництво з розрахунку індивідуальних доз опромінення персоналу ДП «СхідГЗК» та населення. — Погоджено заст. головного санітарного лікаря України. — 2008.
15. Food and Agriculture organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International labour organisation,

OECD nuclear energy agency, Pan American health organization, world health organization, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. — Vienna : IAEA, 1996. — (Safety Series no. 115).

16. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards Interim edition General safety requirements. — Vienna : IAEA, 2011. — (Safety standards series no. GSR part 3 (interim)).

17. Occupational radiation protection in the mining and processing of raw materials. — Vienna : IAEA, 2004. — (Safety standards series no. RS-G-1.6).

18. Managing naturally occurring radioactive material (NORM) in mining and mineral processing guideline. NORM-5: Dose assessment: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia, — 2010. — 71 pp.

19. Методические указания по объему и периодичности радиационного контроля окружающей среды на предприятиях по добыче и переработке руд. — М-во среднего машиностроения СССР, 1978.

20. Managing naturally occurring radioactive material (NORM) in mining and mineral processing guideline. NORM-2.1: Preparation of a radiation management plan exploration: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia. — 2010.

21. Урановые предприятия Украины. Образовательно-научно-производственный портал «Рудана». — http://rudana.in.ua/uran_predpr.htm

References

1. Energy Strategy of Ukraine till 2030. — http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/FIN38530.html (Ukr)

2. Industry Development Program uranium production till 2030 Approved Minutes of 30.08.2006. — <http://document.ua/galuzeva-programa-energoefektivnosti-ta-energozberezhennja-u-nor17772.html> (Ukr)

3. The Law of Ukraine «On the mining and processing of uranium ore» 19.11.1997 № 645/97-VR. (Ukr)

4. Basic Sanitary Rules for Radiation Protection in Ukraine (BSRU 2005). (Ukr)

5. Terms and conditions exercise of the uranium ore processing ND 306.4.03/2.045–2001. (Ukr)

6. Requirements for the frequency and content of reports submitted by licensees in the field of nuclear energy Approved by the State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine on October 16, 2006 № 162. (Ukr)

7. Safety Analysis Report of activities for mining and processing uranium ore, heap and block leaching / Ministry of Fuel and Energy of Ukraine. State Enterprise «Eastern Mining and Processing Enterprise». — Yellow Water, 2010. (Ukr)

8. Requirements for the form and content of the report of the safety analysis of the processing of uranium ores ND 306.5.03/2.044–2001. (Ukr)

9. State Hygienic Standards Norms of Radiation Safety of Ukraine (NRBU-97). (Ukr)

10. Sanitary norms for designing facilities and installations of the nuclear industry (SNR77). Part VI: Requirements for the design of objects for the mining of radioactive ores. — The Ministry of Medium Machine Building of the USSR. — 1978. (Rus)

11. Norm off the Radiation Safety NRB-99/2009. SanPin 2.6.1.2523–09. (Rus)

12. Guidelines for the control of radiation situation in the uranium mines. — The Ministry of Medium Machine Building of the USSR, 1987. (Rus)

13. *Kovalevsky L. I., Operchuk A. P., Los I. P.* The State of radiation safety in uranium mines in Ukraine // Environment & Health. — 2008. — № 2 (45). — P. 4–19. (Rus)

14. Guidance on the calculation of individual doses of personnel «VostGok» and population. — Greed deputy chief sanitary doctor of Ukraine. — 2008. (Ukr)

15. Food and Agriculture organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International labour organisation, OECD nuclear energy agency, Pan American health organization, world health organization, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. — Vienna : IAEA, 1996. — (Safety Series no. 115).

16. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards Interim edition General safety requirements. — Vienna : IAEA, 2011. — (Safety standards series no. GSR part 3 (interim)).

17. Occupational radiation protection in the mining and processing of raw materials. — Vienna : IAEA, 2004. — (Safety standards series no. RS-G-1.6).

18. Managing naturally occurring radioactive material (NORM) in mining and mineral processing guideline. NORM-5: Dose assessment: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia, — 2010. — 71 pp.

19. Guidelines for the scope and frequency of environmental radiation monitoring at the enterprises of mining and processing of ores. — The Ministry of Medium Machine Building of the USSR, 1978. (Rus)

20. Managing naturally occurring radioactive material (NORM) in mining and mineral processing guideline. NORM-2.1: Preparation of a radiation management plan exploration: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia. — 2010.

21. Uranium Company of Ukraine. Educational, research and production portal «Rudana». — http://rudana.in.ua/uran_predpr.htm

Получено 01.10.2013.