
УДК 622.546.294

О.Г. КРЕМЕНЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, *МакНИИ,*
г. Макеевка

КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Установлены количественные значения показателей радиационной обстановки в угольной шахте, позволяющие определять эффективную дозу облучения горняков от природных источников излучения, разработаны методики оценки дозы облучения в подземных условиях и на поверхности угольных шахт.

Ключевые слова: радиационная обстановка, радиационный фактор, показатель, количественные значения, природные источники излучения, угольная шахта.

Контроль облучения персонала предприятий и населения источниками ионизирующего излучения природного происхождения регламентируется законами Российской Федерации и Украины о санитарном и эпидемиологическом благополучии населения, о радиационной безопасности населения, о защите человека от воздействия ионизирующих излучений [1-4] и разработанными в соответствии с этими законами нормами радиационной безопасности [5,6] и санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности [7,8]. Анализ этих законов и нормативных документов выявил отсутствие количественных значений показателей радиационной обстановки в угольных шахтах (далее шахтах), которые можно измерить, а также методик расчета и оценки эффективной дозы облучения работников шахт.

Цель статьи – обоснование критериальных количественных значений показателей радиационной обстановки в шахтах, которые можно измерить при осуществлении радиационного контроля и методик установления и оценки эффективной дозы облучения горняков.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ показателей радиационной обстановки в шахтах, обусловленных природными источниками ионизирующего излучения.
2. Обоснование количественных критериальных значений показателей радиационной обстановки, которые можно измерить, при радиационном контроле в шахтах.
3. Обоснование и разработка методики расчета и оценки эффектив-

ной дозы облучения шахтеров в горных выработках и производственных помещениях технологического поверхностного комплекса шахты.

В шахтах радиационная обстановка формируется за счет естественных (природных) радионуклидов, содержащихся в угольных пластах и вмещающих породах, а также за счет техногенно-усиленных источников природного происхождения (ТУИПП). При этом в горных выработках шахт облучение неизбежно, если добыча угля сопровождается выделением радона и образованием ТУИПП [6]. Наличие ТУИПП способствует повышению дозы хронического облучения от естественных радионуклидов и требует вмешательства (деятельности человека, направленной на снижение и предотвращение хронического облучения от ТУИПП). Перечень производств, где имеет место неизбежное облучение ТУИПП, определяет Главный государственный санитарный врач страны [6].

При добыче угля, его транспортировке и переработке в окружающую среду попадают радиоактивные элементы распада естественных радиоактивных семейств химических элементов, находящихся в горном массиве. Попадая внутрь человеческого организма, радиоактивные элементы распада осуществляют внутреннее облучение организма. Излучения горного массива и радиоактивных элементов распада, находящихся в шахтном воздухе, облучающие человеческое тело снаружи, – создают внешнее облучение. Внешнее и внутреннее облучения, превышающее установленные нормы, вредят здоровью человека.

В горном массиве шахт показатели радиационной обстановки (радиационные факторы) формируются за счет естественных радиоактивных изотопов химических элементов. К ним относятся группы естественных радионуклидов уранорадиевого и ториевого семейств периодической системы элементов и долгоживущие радионуклиды калий (^{40}K), кальций (^{48}Ca), рубидий (^{87}Rb) и др. Основная доля альфа-, бета-, гамма-излучений в горных выработках шахт связана с распадом элементов естественных радиоактивных семейств (урана-радия, тория), а также калия (^{40}K). Количество других радиоактивных изотопов в балансе ионизирующего излучения горного массива шахт незначительно. Самопроизвольный распад элементов семейств урана-238 и тория-232, содержащихся в углях и вмещающих породах шахт, сопровождается корпускулярным излучением: испусканием либо альфа-частиц, представляющих собой ядра атомов гелия, либо бета-частиц, отрицательных электронов. При большинстве превращений элементов этих семейств корпускулярное излучение сопровождается электромагнитным гамма-излучением [9].

Электромагнитное гамма-излучение обладает большой проникающей способностью (до 100 м в воздухе) и создает внешнее облучение организма

горняков. Мощность дозы гамма-излучения прямо пропорциональна содержанию гамма-излучающих радионуклидов горного массива, в котором пройдена шахтная выработка. Поскольку содержание урана-238 и тория-232 в углях и вмещающих породах в подавляющем большинстве случаев не выходит за пределы естественного фона, гамма-излучение не является, за редким исключением, существенным радиационным фактором в шахтах.

Существенную радиационную опасность представляют радиоактивные элементы, попавшие в шахтную атмосферу. Ограниченный объем воздушной среды шахты приводит к тому, что концентрации радионуклидов в рудничном воздухе могут в десятки раз превышать атмосферные. Поступая при дыхании в организм горняков, и распадаясь там, радионуклиды облучают различные внутренние органы и ткани. Наиболее опасны альфа-активные радионуклиды, так как корпускулярное альфа-излучение обладает наибольшей ионизирующей способностью и вносит основной вклад в дозу внутреннего облучения организма горняка. Проникающая способность альфа-излучения составляет до 5 см в воздухе и до 1 см в биологической ткани человека. Радионуклиды, содержащиеся в рудничной атмосфере, можно условно разделить на три группы, различающиеся по физико-химическим свойствам, способам поступления в атмосферу шахты, а также по механизму биологического воздействия на организм человека [9].

К I группе относятся долгоживущие альфа-активные радионуклиды (ДАН), попадающие в атмосферу с пылью в процессе различных технологических операций, сопровождающихся пылеобразованием. В ряду урана-радия к ним относятся уран-238, уран-234, торий-230, радий-226 и полоний-210 (5 изотопов), а в ряду тория – торий-232, торий-228 и радий-224 (3 изотопа) [9].

В рудничной атмосфере ДАН находятся в виде твердых аэрозолей с химическими свойствами соответствующих элементов или их окислов. В организме человека они облучают в основном легкие (минеральные соединения тория и нерастворимые минеральные соединения изотопов ряда урана-радия), но часть радионуклидов ряда урана-радия, растворяясь в легочной жидкости, поступает в кровь и разносится по всему организму, облучая в той или иной степени другие органы и ткани [9].

Ко II группе относятся радон и торон, образующиеся при распаде радия-226 и радия-224, и попадающие в рудничную атмосферу за счет диффузионного и фильтрационного их переноса в массиве углей и вмещающих пород. Радон и торон представляют собой газы и переносятся по горным выработкам с потоком воздуха. В легких человека торон распадается за несколько минут, а радон поступает в кровь и разносится по всему организму, где образующиеся из него дочерние продукты облучают остальные органы и ткани. Создаваемые при этом дозы невелики и поэтому радон

(торон) как фактор радиационной опасности незначителен [9].

К III группе радионуклидов, содержащихся в рудничной атмосфере, относятся короткоживущие дочерние продукты распада радона (ДПР): радий А (полоний-216), радий В (свинец-214), радий С (висмут-214) и торона (ДПТ): торий В (свинец-212), торий С (висмут-212), образующиеся непосредственно в атмосфере шахты и находящиеся в ней в виде тонкодисперсных аэрозолей соответствующих твердых веществ. В организме человека они облучают легкие, причем наиболее опасна доза, создаваемая альфа-частицами в верхних дыхательных путях [9].

К источникам радиационной опасности относят также калий-40. Вклад в дозу внешнего облучения шахтеров от калия-40, доля которого в природной смеси изотопов калия составляет 0,0119%, небольшой. Один грамм природного калия испускает в среднем в одну секунду 27,2 бета-частиц с энергией 1,32 МэВ и 3,31 гамма-кванта с энергией 1,46 МэВ. Проникающая способность бета-излучения составляет до 1 м в воздухе [9].

В целом радиационная обстановка в шахтах характеризуется четырьмя показателями (радиационными факторами), которые по значимости располагаются в следующей последовательности [10,11]:

- пылерадиационный фактор (ПРФ), обусловленный наличием в шахтной пыли долгоживущих естественных радионуклидов;
- дочерние продукты распада радона и торона;
- газообразный радон;
- внешнее гамма-излучение.

Облучение, получаемое горняками шахт, обусловлено воздействием перечисленных радиационных факторов на организм человека. За количественную меру воздействия радиационных факторов принята эффективная годовая доза облучения работника шахты, под которой понимается сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученная за календарный год, и ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная поступлением в организм радионуклидов за этот же год [5].

Количественные значения показателей радиационной обстановки в организациях, осуществляющих работы в подземных условиях (не урановые рудники, шахты, подземные производства), добывающих и перерабатывающих минеральное и органическое сырье и подземные воды, регламентируются критериальными значениями эффективной дозы облучения и эффективной удельной активности природных радионуклидов в добываемом угле и вмещающих породах [7].

В шахтах, в которых имеет место облучение от источников ионизирующего излучения природного происхождения и может быть повышенное облучение за счет ТУИПП, для работников, не отнесенных к категории

«персонал», эффективная доза облучения не должна превышать 5 мЗв в год [5-7]. Радиационному контролю в шахтах подлежат годовые эффективные дозы облучения горняков, обусловленные природными источниками излучения.

Критериальным значением для введения на шахте радиационного контроля является установленное значение эффективной дозы облучения равное или больше 1 мЗв в год [8].

Количественными критериями, которые регламентируют противорадиационную защиту работников шахт от природных источников ионизирующего излучения, являются [6]:

- уровни обязательных действий – предупреждающий радиационный контроль;

- уровни действий – текущий контроль.

Эти уровни выражаются в следующих показателях радиационной обстановки, которые можно измерить:

- эффективная удельная активность горного массива шахты (угольных пластов и вмещающих пород), в котором пройдена горная выработка;

- мощность поглощенной в воздухе дозы (МПД) гамма-излучения в горной выработке шахты;

- среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность ($ЭРОА_{Rn}$) изотопов радона-222 в воздухе горной выработки шахты;

- среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность ($ЭРОА_{Tn}$) изотопов радона-220 (торона) в воздухе горной выработки шахты;

- среднегодовая объемная активность радона-222 в воздухе горной выработки шахты;

- суммарная объемная активность взвешенных в воздухе горной выработки частиц ДАН ряда урана-радия (или удельная активность в производственной пыли урана-238, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда);

- суммарная объемная активность взвешенных в воздухе горной выработки частиц ДАН ряда тория (или удельная активность в производственной пыли тория-232, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда).

При превышении показателя соответствующего уровня обязательных действий в контролируемой точке, вмешательство практически всегда целесообразно и носит предупреждающий характер.

Для подземных горных выработок количественные средние значения показателей радиационной обстановки в течение года, соответствующие при монофакторном воздействии эффективной дозы 5 мЗв за год при продолжительности работы 2000 ч/год, средней скорости дыхания 1,2 м³/ч и

радиоактивном равновесии радионуклидов уранового и ториевого рядов в производственной пыли, регламентируются нормами [5], и составляют:

– мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте – 2,5 мкЗв/ч;

– ЭРОА_{Rn} в воздухе зоны дыхания – 310 Бк/м³;

– ЭРОА_{Tn} в воздухе зоны дыхания – 68 Бк/м³;

– удельная активность в производственной пыли урана-238, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда – $40/f$ кБк/кг, где f – среднегодовая общая запыленность воздуха в зоне дыхания, мг/м³;

– удельная активность в производственной пыли тория-232, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда – $27/f$ кБк/кг, где f – среднегодовая общая запыленность воздуха в зоне дыхания, мг/м³.

Количественные средние значения радиационных факторов в течение года (соответствующие при монофакторном воздействии эффективной дозе 1 мЗв за год при продолжительности работы 2000 ч/год, средней скорости дыхания 1,2 м³/ч и радиоактивном равновесии радионуклидов уранового и ториевого рядов в производственной пыли), рассчитанные по методологии [13], составляют:

– мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте – 0,5 мкЗв/ч;

– ЭРОА_{Rn} в воздухе зоны дыхания – 60 Бк/м³;

– ЭРОА_{Tn} в воздухе зоны дыхания – 4,5 Бк/м³;

– удельная активность в производственной пыли урана-238, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда – $10/f$ кБк/кг, где f – среднегодовая общая запыленность воздуха в зоне дыхания, мг/м³; (допустимая объемная активность взвешенных в воздухе горной выработки частиц ДАН ряда урана-радия 10 мБк/м³) [12];

– удельная активность в производственной пыли тория-232, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда – $2,9/f$ кБк/кг, где f – среднегодовая общая запыленность воздуха в зоне дыхания, мг/м³; (допустимая объемная активность взвешенных в воздухе горной выработки частиц ДАН ряда тория 2,9 мБк/м³) [12].

Оценка радиационной безопасности при многофакторном воздействии радиационных факторов осуществляется путем проверки выполнения условия, по которому сумма отношений воздействующих факторов к их критериальным значениям не должна превышать единицы [5,6].

В производственных помещениях и сооружениях технологического комплекса поверхности (ТКП) угольной шахты количественные среднегодовые значения ЭРОА изотопов радона не должны превышать 300 Бк/м³, а мощность эквивалентной дозы гамма-излучения – 0,6 мкЗв/ч [5-8]. При не-

возможности снизить ЭРОА изотопов радона ниже 300 Бк/м³ и/или мощности эквивалентной дозы гамма-излучения ниже 0,6 мкЗв/ч, выполняются мероприятия по нормализации радиационной обстановки.

Обращение в производственных условиях ТКП с углем и породами с эффективной удельной активностью природных радионуклидов до 740 Бк/кг, а также с производственными отходами с эффективной удельной активностью природных радионуклидов до 1500 Бк/кг допускается без ограничений по радиационному фактору [7].

Оценка радиационной обстановки устанавливается по годовой эффективной дозе E облучения работников угольных шахт, обусловленной радиационными факторами, и определяется суммой внешнего и внутреннего облучения горняков по формуле:

$$E = E_{\gamma} + E_{ДПР} + E_{ДПТ} + E_{ДАН}^U + E_{ДАН}^{Th} + E_{Rn}, \quad (1)$$

где E_{γ} , $E_{ДПР}$, $E_{ДПТ}$, $E_{ДАН}^U$, $E_{ДАН}^{Th}$, E_{Rn} – годовая эффективная доза от гамма-излучения, дочерних продуктов распада радона и торона, ДАН ряда урана и ряда тория, объемной активности радона.

Определение дозы внешнего облучения горняков от гамма-излучения горного массива характеризуется среднегодовой эффективной дозой внешнего гамма-излучения на все тело горняка E_{γ} по формуле:

$$E_{\gamma} = k_i \times P_i, \quad (2)$$

где P_i – показатель радиационной обстановки, обусловленной гамма-излучением горного массива;

k_i – коэффициент перехода показателя радиационной обстановки к эффективной дозе облучения.

При этом если показатель радиационной обстановки, обусловленной гамма-излучением горного массива, представлен:

– среднегодовой экспозиционной дозой гамма-излучения в мкР/ч, то коэффициент перехода от поглощенной в воздухе дозы гамма-излучения к эффективной дозе на все тело человека $k_D = 1,35 \times 10^{-3}, \frac{\text{мЗв/год}}{\text{мкР/ч}}$

– среднегодовой мощностью эффективной дозы гамма-излучения в мкЗв/ч, то коэффициент перехода $k_P = 1,17 \times 10^{-3}, \frac{\text{мЗв/год}}{\text{мкР/ч}}$,

– эффективной удельной активностью горных пород по периметру горной выработки в Бк/кг, то коэффициент перехода $k_{эфф} = 1,35 \times 10^{-3}, \frac{\text{мЗв/год}}{\text{мкР/ч}}$.

В шахтных условиях величина поглощенной в воздухе экспозиционной дозы гамма-излучения измеряется дозиметром во взрывозащищенном исполнении. Также мощность поглощенной в шахтном воздухе экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения может быть установлена по результатам спектрометрического анализа пород и углей горного массива, в котором пройдена выработка, расчетным путем по формуле [10]:

$$\bar{D} = 0,104 \times (A_{mRa} + 1,32A_{mTh} + 0,085A_K), \text{ мкР/ч} \quad (3)$$

где A_{mRa} , A_{mTh} , A_{mK} – среднее значение удельной активности в горном массиве соответственно радия-226, тория-232, калия-40.

Эффективная удельная активность $A_{эфф}$ горных пород устанавливается по результатам спектрометрического анализа пород и углей горного массива, в котором пройдена выработка, расчетным путем по ГОСТ 30108-94 «Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов», по формуле:

$$A_{эфф} = A_{mRa} + 1,32 A_{mTh} + 0,085 A_{mK}, \quad (4)$$

где A_{mRa} , A_{mTh} , A_{mK} – удельная активность радия-226, тория-232, калия-40 в горных породах по периметру горной выработки, Бк/кг.

Среднегодовая эффективная доза внутреннего облучения горняков, обусловленная радоном и его дочерними продуктами распада, определяется по формулам [13]:

$$E_{ДПР} = k_{ДПР} ЭРО A_{Rn}, \quad (5)$$

$$E_{ДПТ} = k_{ДПТ} ЭРО A_{Tn}, \quad (6)$$

$$E_{Rn} = k_{Rn} C_{Rn}, \quad (7)$$

где k – переводной коэффициент для альфа-излучателей при расчете эффективной дозы, мЗв;

$$k_{ДПП} = \frac{DL_E}{ЭРОА_{Rn}} = \frac{1 \text{ мЗв/год}}{60 \text{ Бк/м}^3} = 1,67 \times 10^{-2} \frac{\text{мЗв/год}}{\text{Бк/м}^3}, \quad (8)$$

$$k_{ДПТ} = \frac{DL_E}{ЭРОА_{Tn}} = \frac{1 \text{ мЗв/год}}{4,5 \text{ Бк/м}^3} = 2,22 \times 10^{-1} \frac{\text{мЗв/год}}{\text{Бк/м}^3}, \quad (9)$$

$$k_{Rn} = \frac{DL_E}{PC_{Rn}} = \frac{1 \text{ мЗв/год}}{2430 \text{ Бк/м}^3} = 4,1 \times 10^{-4} \frac{\text{мЗв/год}}{\text{Бк/м}^3}, \quad (10)$$

где $ЭРОА_{Rn}$ и $ЭРОА_{Tn}$ – эквивалентная равновесная объемная активность радона-222 (Rn) и торона (радона-220, Tn), Бк/м³;

C_{Rn} – объемная активность OA радона-222 (Rn), Бк/м³;

60; 4,5; 2430, Бк/м³ – среднегодовые значения $ЭРОА_{Rn}$, $ЭРОА_{Tn}$, OA радона в шахтном воздухе, обеспечивающие не превышение эффективной дозы 1 мЗв в год (вычислены по методике [13]).

Эффективная доза внутреннего облучения горняков $E_{ДАН}$, обусловленная ПРФ, определяется после установления:

- альфа-активности ДАН в частицах пыли, образующихся при технологических процессах в угольных шахтах;
- концентрации взвешенной пыли в шахтной атмосфере;
- удельной активности пластов породы и угля в выработках конкретной шахты по формуле:

$$E_{ДАН} = k \times C_{ДАН} = \frac{DL_E}{PC} \times b \times 10^{-6} \times f \times A_{mU,Th}, \quad (11)$$

где $C_{ДАН}$ – среднегодовая суммарная альфа-активность ДАН рядов урана и тория в шахтном воздухе;

k – переводной дозовый коэффициент для альфа-излучателей, определяется по формуле:

$$k = \frac{DL_E}{PC_{U,Th}}, \quad (12)$$

где DL_E – предел годовой эффективной дозы для горняка, мЗв/год;

$PC_{U,Th}$ – допустимая концентрация ДАН ряда урана или тория в шахтной атмосфере, Бк/м³, определяется по формуле [12]:

$$PC = \frac{ALI^{inhal}}{V}, \quad (13)$$

где V – годовой объем воздуха, вдыхаемого подземным работником шахты, $V=2500 \text{ м}^3$,

ALI^{inhal} – допустимое поступление альфа-активных нуклидов через органы дыхания, Бк/год, определяется по формуле [12]:

$$ALI^{inhal} = \frac{DLE}{e}, \quad (14)$$

где e – доза на единицу ингаляционного поступления для референтного возраста «взрослый» и медианного по активности аэродинамического диаметра $AMAD$ для альфа-активных нуклидов рядов урана и тория;

f – среднегодовая общая запыленность воздуха, $\text{мг}/\text{м}^3$;

b – количество долгоживущих альфа-активных радионуклидов в равновесном семействе распада урана ($b=5$) и тория ($b=3$);

$A_{mU,Th}$ – удельная альфа-активность пылеобразующего материала (горного массива), Бк/кг.

Учитывая сложность прямого измерения суммарной альфа-активности долгоживущих радионуклидов в атмосфере горной выработки, допускается возможность расчета среднегодовых значений содержания в шахтном воздухе ДАН по суммарной альфа-активности по формулам [13]:

$$C_{\text{ДАН}}^U = 5 \times 10^{-6} \times f \times A_{mU}, \text{Бк} / \text{м}^3, \quad (15)$$

$$C_{\text{ДАН}}^{Th} = 3 \times 10^{-6} \times f \times A_{mTh}, \text{Бк} / \text{м}^3, \quad (16)$$

Результаты исследований позволили установить показатели радиационной обстановки шахт и их количественные значения.

ВЫВОДЫ

Установлены показатели радиационной обстановки в подземных выработках и производственных помещениях технологического комплекса поверхности шахты. Обоснованы и приведены количественные критериальные значения показателей радиационной обстановки шахты. Приведены методики оценки и расчета эффективной дозы облучения горняков для шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999, РФ.
2. Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения. Закон Украины № 404-12, 1994 г.
3. О защите человека от воздействия ионизирующего излучения. Закон Украины № 15/98-ВР, 1998 г.
4. О радиационной безопасности населения. Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.1996, РФ.
5. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09.– СПб., 2013. – 73 с.
6. Нормы радиационной безопасности Украины НРБУ-97. Государственные гигиенические нормативы ГГН 6.6.1.-6.5.001-99. – Киев, 1998. – 135 с.
7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. – М., 2010. – 82 с.
8. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины ОСПУ-2005. Государственные санитарные правила ГСП 6.177-2005-09-02. – Киев, 2005. – 104 с.
9. Методика оценки радиационной обстановки на угольных шахтах и разрезах: РД 8-01-91. – М., 1992. – 115 с.
10. Руководство по оценке и контролю радиационной обстановки на угольных шахтах: КД 12.5.005-94. – Макеевка-Донбасс, 1994. – 46 с.
11. Радиационно опасные факторы в угольных шахтах / [М. Д. Кривицкий, Е. Е. Короленко, Д. О. Ластков, В. М. Мельниченко] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка-Донбасс, 1994. – С. 84-89.
12. Кременев О. Г. Расчет допустимого уровня поступления взвешенной пыли в организм горняка / О. Г. Кременев // Научные труды ДонНТУ: общегос. науч. сб. Серия «Горно-электромеханическая».– 2013.– № 2(26).– С. 164-174.
13. Ковалевский Л. И. Расчет допустимых уровней радиационно-опасных факторов для горных предприятий / Л. И. Ковалевский // Ядерная и радиационная безопасность. – 2000. – № 1. – С. 91-95.

Получено: 02.10.17

CRITERION QUANTITIES OF COAL MINE RADIATION SITUATION

The quantitative values of parameters has been determined of the radiation situation in the coal mine, allowing to determine the effective dose of the miners' exposure to natural sources of radiation, developed methodology for assessing radiation doses in underground conditions and surface coal mines.

Keywords: radiation situation, the radiation factor, index, quantitative values, the natural sources of radiation, coal mine.