

Нормы радиационной безопасности (НРБ—69)

И. К. ДИБОБЕС, В. А. КНЯЗЕВ, А. А. МОИСЕЕВ,
Ю. И. МОСКАЛЕВ, Ю. В. СИВИНЦЕВ, Е. Н. ТЕВЕРОВСКИЙ,
А. В. ТЕРМАН, В. П. ШАМОВ

УДК 621.039.58.68:539.6

В августе 1969 г. Министерство здравоохранения СССР утвердило Нормы радиационной безопасности (НРБ—69), разработанные национальной Комиссией по радиационной защите. В основу новых норм положены рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) 1958 и 1959 гг., пересмотренные в 1962 г. [1] и в 1965 г. [2]. При разработке НРБ—69 учтены работы советских ученых и положения «Основных норм безопасности при защите от излучения», изданные в 1967 г. [3].

Основные принципы, положенные в основу новых норм. Цель радиационной защиты — предотвращение острых лучевых поражений и уменьшение риска отдаленных последствий при облучении людей, а также сведение к минимуму возможных вредных генетических последствий для их потомков. Радиационные поражения могут быть соматическими, если вызывают заболевание облученного человека, и генетическими, если приводят к заболеванию его потомков. Соматические поражения человека в острых случаях (при дозах облучения свыше 200 бэр) проявляются в первые же недели после облучения, отдаленные последствия могут проявляться через десятки лет.

В рекомендациях МКРЗ принята линейная зависимость биологического эффекта от дозы облучения [1—3]. Это предполагает отсутствие порога действия ионизирующих излучений и, следовательно, приводит к выводу об отсутствии безопасных доз облучения, в том числе и обусловленных естественным радиационным фоном. Отмечая некоторую консервативность этой точки зрения, МКРЗ считает, что при современных данных признание возможности риска поражения при низких дозах должно явиться основой радиационной защиты.

Нормы радиационной безопасности НРБ—69 содержат такие уровни облучения, при которых

риск можно считать оправданным как для отдельного человека, так и для всего общества.

При установлении уровней облучения принималось, что риск облучения человека контролируемыми источниками должен быть меньше или равен риску, связанному с вредным воздействием нерадиоактивных промышленных источников, и должен быть оправдан теми преимуществами, которые дает обществу использование контролируемых источников излучения. Изложенная точка зрения получила название «концепция оправданного риска» [4].

Область применения новых норм. НРБ—69 являются едиными нормами радиационной безопасности в СССР и распространяются на предприятия, учреждения, лаборатории и другие организации всех министерств и ведомств, производящие, обрабатывающие, применяющие, хранящие, транспортирующие естественные и искусственные радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений. Эти нормы обязательны при использовании любых источников ионизирующих излучений. В допустимые уровни облучения, установленные НРБ—69, не включают дозы, получаемые пациентами при медицинских обследованиях и лечении, и дозы, обусловленные естественным радиационным фоном.

Наряду с указанием о том, что работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений проводятся с разрешения органов государственного санитарного надзора, в новых нормах устанавливаются допустимые активности и мощности доз, при которых не требуется получения такого разрешения и нет необходимости в последующем надзоре.

Категории облучаемых лиц и предельно допустимые дозы облучения. В НРБ—69 установлены три категории облучаемых лиц:

Категория А — персонал.

Категория Б — отдельные лица из населения, т. е. люди, проживающие на наблюдаемой территории, где возможно превышение установленных доз и где ведется контроль за радиационной обстановкой.

Категория В — население в целом при оценке генетически значимой дозы облучения.

В прежних правилах [5] к категории Б относились взрослые люди, работающие по соседству с помещениями, в которых проводятся работы с радиоактивными веществами, или случайно попавшие в санитарнозащитную зону. Под категорией В понималось соматическое облучение населения в целом, в том числе и проживающего по соседству с предприятием.

В отличие от санитарных правил СП-333 — 60 [5] в новых нормах соматические дозы облучения относятся только к двум категориям: категория А — персонал, облучаемый во время работы; категория Б — отдельные лица из населения, живущие на наблюдаемой территории (включая детей).

Предельно допустимые соматические дозы (ПДД) внешнего и внутреннего облучения, установленные НРБ — 69, приведены в табл. 1.

ПДД внешнего и внутреннего облучения, бэр/год

Таблица 1

Категории облучаемых лиц	Группы критических органов			
	I	II	III	IV
	все тело, гонады, красный костный мозг	мышцы, жировая ткань, печень, почки, селезенка, легкие, хрусталик глаза и другие органы тела, кроме I, III, IV	костная ткань, щитовидная железа и кожа	кисти рук, предплечья, лодыжки и ступни ног
А	5	15	30	75
Б	0,5	1,5	3	7,5

Примечания: 1. Для категории Б устанавливается не ПДД, а предел дозы (ПД). 2. ПД для щитовидной железы детей и подростков моложе 16 лет не должен превышать 1,5 бэр/год. 3. В случае облучения органов I группы (кроме мужских гонад) мягким рентгеновским излучением с энергиями квантов 15—25 кэв допускаются ПДД и ПД, установленные для органов II группы.

Облучение персонала. Допустимые дозы облучения персонала, установленные новыми нормами, не отличаются от ранее действовавших. Разрешается получение за один квартал полугодовой дозы и полугодовой величины предельно допустимого поступления (ПДП) изотопов внутрь организма при условии, что соответ-

ствующая годовая доза не окажется выше допустимой. В исключительных случаях допускается однократное (за весь период профессиональной деятельности человека) облучение или поступление изотопов внутрь организма, не превышающее в пять раз годовые ПДД и ПДП. Такие дозы или поступления оправданы только в тех случаях, когда нет возможности исключить подобное облучение. Персонал заранее предупреждают о таком облучении. Дозы, полученные при этом, должны быть зарегистрированы вместе с дозами обычных облучений, но они не могут служить причиной для отстранения данного лица от его обычной работы.

Персонал, связанный с профессиональным облучением (категория А), делится на две группы:

1) лица, которые могут получать дозы, превышающие 0,3 годовой ПДД. В этом случае необходимы индивидуальный дозиметрический контроль и медицинское наблюдение. Вся территория предприятия, на которой могут быть зарегистрированы такие дозы, считается контролируемой зоной;

2) лица, условия труда которых таковы, что индивидуальные дозы облучения не могут превышать 0,3 годовой ПДД. В этом случае индивидуальный дозиметрический контроль и медицинское наблюдение не обязательны.

Аварийное облучение персонала. Планируемое повышенное облучение персонала рассмотрено выше. Однако в случаях, когда это необходимо для спасения жизни отдельных лиц, предотвращения крупных аварий и переоблучения большого числа людей, можно допустить переоблучение минимального числа лиц из персонала. Пределы доз такого переоблучения и поступления изотопов в организм установить невозможно, однако в каждом отдельном случае персонал следует информировать о возможном риске этого переоблучения. Случайное разовое облучение дозой свыше 25 бэр, а также разовое поступление изотопов внутрь организма сверх пятикратного годового ПДП должны рассматриваться как потенциально опасные. Лиц, получивших такое переоблучение, необходимо направлять на медицинское освидетельствование. Работнику, подвергнутому аварийному переоблучению, разрешается продолжать обычную работу, если нет медицинских противопоказаний. Случаи переоблучения людей следует расследовать и по ним принимать необходимые меры.

Облучение отдельных лиц из населения. В отличие от облучения персонала, при котором

предусматривается индивидуальный контроль за дозами, облучение отдельных лиц из населения контролируется лишь по измерениям мощности доз, величинам радиоактивных выбросов и по радиоактивной загрязненности объектов внешней среды. Поэтому устанавливается не предельно допустимая доза, а предел дозы, регламентирующей в среднем облучение группы населения. Действительные дозы, полученные отдельными лицами из населения, могут различаться в зависимости от их возраста, веса, роста, обмена веществ, диеты и т. п.

Как указывалось, предел дозы внешнего и внутреннего облучения отдельных лиц из населения (категория Б) установлен равным 1/10 годовых ПДД для профессиональных работников, за исключением облучения щитовидной железы детей до 16 лет, для которой он принят равным 1/20. Установленный в этом случае предел дозы связан с очень малой степенью риска. Поэтому при некотором временном превышении такого предела риск остается весьма незначительным.

Предельно допустимое поступление изотопов внутрь организма с воздухом, водой и пищей. Существенным отличием новых норм от прежних [5] является введение величины предельно допустимого поступления изотопов внутрь организма и исключение понятия предельно допустимой концентрации (ПДК).

Понятие ПДК радиоактивных изотопов было введено по аналогии с нерадиоактивными загрязнителями, для которых установлены пороги допустимой концентрации: равной (за 30 мин) и среднесуточной. В то же время нормирование поступления радиоактивных изотопов внутрь организма основано на расчете содержания радиоактивных изотопов в воздухе, воде или пище, потребление которых в течение всей жизни человека не ведет к превышению установленной допустимой дозы облучения. Численные значения ПДК для радиоактивных веществ определяются на основе допустимого содержания изотопов в органах человека при равномерном поступлении этих изотопов в течение всей жизни с воздухом для персонала, а также с воздухом и водой для населения. Объем воздуха, вдыхаемого профессиональным работником в часы работы, принят равным 2500 м³/год; объем воздуха, вдыхаемого взрослым человеком из населения, — 7300 м³/год. Потребляемое взрослым человеком количество воды принято равным 0,8 м³/год.

В таблицах, включенных в НРБ — 69, указаны: содержание изотопа в органе профессио-

нального работника, создающее предельно допустимую дозу облучения этого органа, и значения предельно допустимого поступления радиоактивных изотопов через органы пищеварения и дыхания. Кроме этого, в НРБ — 69 приведены значения среднегодовых допустимых концентраций изотопов (СДК), которые исключают понятие ПДК.

В НРБ — 69 указано, что для принятия решений и оценки доз облучения определяющими являются сведения о содержании изотопов в теле человека, а не данные о их концентрации в окружающей среде. Случаи отдельных кратковременных превышений концентраций в воздухе рабочих помещений, атмосфере и воде не должны рассматриваться как нарушения, ибо регламентируются не мгновенные концентрации, а их среднегодовые значения. Следовательно, контролироваться должны среднегодовые суммарные значения уровней облучения и концентраций, установленные НРБ — 69.

В связи с введением НРБ — 69 важными задачами служб дозиметрического контроля являются организация измерений и оценки СДК в воздухе контролируемой и наблюдаемой зон, а также определение накопления изотопов в организме людей. Установление величин СДК позволяет обосновать величины предельно допустимых выбросов (ПДВ) изотопов во внешнюю среду. Введение СДК ставит перед предприятиями задачу организации непрерывного контроля выбросов. На основе накопленного опыта предприятия должны обосновать объем контроля внешней среды при нормальной эксплуатации и в случае аварийных выбросов радиоактивных изотопов в атмосферу.

Величины СДК в атмосфере и воде для большинства изотопов в три раза выше прежних ПДК, [5], а для некоторых изотопов (Sr⁹⁰, Cs¹³⁷ и др.) в 10 раз выше.

Облучение всего населения. НРБ — 69 устанавливают, что генетически значимая доза внешнего и внутреннего облучения, получаемая населением в целом от всех источников, не должна превышать 5 бэр за 30 лет. В эту величину не входят дозы облучения, обусловленные медицинскими процедурами и естественным радиационным фоном.

Генетически значимая доза, равная 5 бэр за 30 лет, распределена между категориями облучаемых лиц (в бэрах):

Категория А	1,0
Категория Б	0,5
Категория В	2,0
Резерв	1,5

Генетически значимая доза, равная 1 бэр, позволяет отнести к категории А 1,7% всей численности населения, а к категории Б 3,3% населения.

В настоящее время генетически значимая доза от всех источников профессионального облучения не превышает 0,01 бэр за 30 лет (1% от допустимой) [2].

Возможное облучение населения, связанное с глобальным загрязнением внешней среды, не должно превышать 2 бэр за 30 лет. Следует отметить, что за счет проведенных испытаний ядерного оружия возможный вклад в генетически значимую дозу составит 0,2—0,3 бэр (10—15% допустимой дозы). НРБ — 69 устанавливают, что принятый предел дозы допустимого облучения отдельных лиц из населения (категория Б) как максимум применим ко всему населению при условии, что допустимые значения генетически значимой дозы не будут превышены. При этом для ПДП с водой (пищей) для всего населения вводится коэффициент безопасности, учитывающий неоднородность питания больших групп населения и различие биологических констант обмена у отдельных индивидуумов. Этот коэффициент принят равным 1/3 по отношению к отдельным лицам для всех изотопов, кроме генетически значимых (третия, Cl^{36} , S^{35} , Zn^{65} , изотопов цезия). Для этих изотопов коэффициент безопасности принят равным 1/10.

При соблюдении указанных пределов широкое мирное применение атомной энергии не повлечет за собой заметного увеличения генетической дозы. Поэтому нужно постоянно контролировать величину генетически значимой дозы облучения всего населения и принимать все возможные меры для ее поддержания на минимально возможном уровне.

Допустимые уровни радиоактивных загрязнений поверхностей. Для радиационной защиты персонала, ведущего работы с радиоактивными веществами, важное значение имеют допустимые уровни радиоактивных загрязнений поверхностей.

Допустимые уровни загрязнения кожных покровов установлены для альфа-излучателей 5 $частиц/см^2 \cdot мин$; для бета-излучателей 200 $частиц/см^2 \cdot мин$.

Допустимые уровни загрязнения поверхностей рабочих помещений и транспортных средств указаны в табл. 2.

Таким образом, в НРБ — 69 дозы облучения и допустимое поступление изотопов внутрь организма приведены в соответствие с между-

Таблица 2
Допустимые уровни загрязнения поверхностей рабочих помещений и транспортных средств, $частиц/см^2 \cdot мин$

Поверхности	Альфа-излучающие изотопы		Бета-излучающие изотопы
	высокой токсичности*	прочие	
Рабочих помещений: постоянного пребывания персонала полубслуживаемых (помещения второй зоны при трехзональной планировке)	10	40	2000
Транспортных средств**	100 10	400 10	8000 100

* Высокоотоксичными α -излучающими изотопами считаются изотопы, СДБ которых в воздухе рабочих помещений меньше 10—15 $кюри/л$.
 ** Для γ -излучателей мощность дозы в любой точке, находящейся на расстоянии 0,1 м от поверхности транспортных средств, не должна превышать 0,1 $мр/ч$.

народными рекомендациями, гарантирующими безопасностью при облучении персонала и населения.

Многолетний опыт работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений показал, что опасность воздействия радиации на человека была несколько преувеличена и что загрязнение внешней среды при широком техническом использовании атомной энергии представляет значительно меньшую опасность по сравнению с использованием обычных (нерадиоактивных) источников энергии.

Однако при развитии атомной техники и радиационной защиты должны быть приняты все меры для уменьшения опасности аварий на ядерных установках и предотвращения переоблучения персонала и населения.

Нормы радиационной безопасности 1969 г. позволяют пересмотреть средства защиты и газоочистки, системы стационарного и индивидуального дозиметрического контроля. Вместе с тем НРБ — 69 ставят перед радиобиологами и дозиметрическими службами качественно новые задачи по определению содержания радиоактивных изотопов в организме человека, контролю за генетически значимыми дозами и контролю за облучением отдельных лиц из населения. Соблюдение требований НРБ — 69

явится надежной гарантией безопасности персонала и населения от воздействия ионизирующей радиации.

Поступила в Редакцию 9/XII 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиационная защита. Рекомендации МКРЗ 1962 г., публикация 6. Перев. с англ. М., Атомиздат, 1963.

2. Recommendation of International Commission on Radiological Protection (ICRP, Publication 9). Oxford — London, Pergamon Press, 1967.
3. Основные нормы безопасности при защите от излучения 1967 г. Серия изданий по безопасности, № 9. Вена, МАГАТЭ, 1968.
4. А. А. Летавет и др. «Атомная энергия», 28, 225 (1970).
5. Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (СПИ № 333-60). М., Атомиздат, 1960.

Об уране в породах угленосных формаций

Г. Я. ОСТРОВСКАЯ

УДК 549.01.553.495

Повышенные концентрации урана в породах угленосных формаций (углях, лигнитах, торфе, песчаниках и глинах) встречаются сравнительно часто и в некоторых случаях имеют промышленное значение. В США открыто до 100 месторождений, из которых 32 имеют запасы не менее 1000 т руды каждое.

По общепризнанному мнению извлечение урана из углей рентабельно лишь при условии получения ряда побочных продуктов. Однако несмотря на незначительное содержание урана в углистых породах, большие запасы урана в них позволят разрабатывать этот тип месторождений после отработки богатых месторождений других типов.

Месторождения указанного типа кроме Америки имеются в Азии, Африке и Европе. Данных об ураноносности угленосных формаций Австралии и Антарктиды пока нет.

Связь урана с углистыми породами впервые была отмечена Бертоудом (США) в 1875 г. На связь урана с органическим веществом неоднократно обращал внимание в своих работах В. И. Вернадский (после 1934 г.). В литературе основное внимание уделялось вопросам о формах нахождения и механизме накопления урана в углях и углистых породах, при описании месторождений и рудопроявлений — структурам, составу ураносодержащих пород и условиям их формирования [1—8].

Имеется много спорного в отношении генезиса ураноносных углей. Существуют даже прямо противоположные воззрения. Дж. Вайн, В. И. Данцев и Т. А. Лапинская в своих обзорных работах [2, 3] показали, что накопление урана протекало в процессе седиментации и диагенеза осадков и главным образом в процессе эпигенеза вследствие перераспределения ранее отложенного рудного материала. Возможно возникновение и наложенных (осадочно-гидрогенных) рудных залежей, обусловленных

деятельностью подземных вод, обогащенных ураном и элементами-спутниками.

В указанных работах приведены лишь отдельные положения о развитии урана среди углесодержащих пород, но не рассмотрены общие закономерности распределения урана в породах угленосных формаций и не вскрыты связи урана именно с этими формациями.

Выявление связи между ураном и породами определенных угленосных формаций позволяет дать не только обоснованное толкование генезиса урана в углистых породах, но и рекомендации по поисково-разведочным и прогнозно-оценочным работам.

Статистические данные свидетельствуют о том, что уран широко развит лишь в угленосных формациях определенных эпох: верхнепалеозойской, юрской, меловой и третичной. Известны проявления урана и в слаболигифицированных торфах среди молодых отложений четвертичного возраста, где накопление урана происходит, по-видимому, и в настоящее время.

Тектонический режим областей распространения ураноносных углей исключительно платформенный; в равной мере они развиты среди отложений как древних, так и молодых платформ. Обычно уран связан с трансгрессивным комплексом углесодержащих пород лимнических бассейнов, реже паралических. В углях регрессивных комплексов пород уран отсутствует.

Неоднократно отмечались бедность ураном антрацитов и сильнометаморфизованных разновидностей каменных углей и приуроченность высоких концентраций урана к слабометаморфизованному каменному, бурому углям, лигнитам и торфяникам. Характерно, что повышенные содержания урана имеют явную связь с зольными углями.

Ураносодержащие угленосные породы образуют рудные тела пластообразной, реже непра-