

ВЛИЯНИЕ РАДИОЦИОННОГО ФОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Демченко О.В.

Бұл мақалада маңызды экологиялық мәселе – радиоактивтік ластану, радиацияның адамға және қоршаған ортаға әсері туралы сөз қозғалады. Радиация мүшелері, оның барлық белгілі көздерінің, иондаушы сәулелерінің адамдарға тигізетін әсері мен қауіптілігіне баға берілген.

The subject of the article is a serious ecological problem – radioactive pollution. Radiation's effect to human and environment. Evaluation of radiation doses, their effect and risk for population from all known sources of ionizing radiation is also shown in the article.

Среди вопросов, представляющих научный интерес, немногие приковывают к себе столь постоянное внимание общественности и вызывают так много споров, как вопрос о действии радиации на человека и окружающую среду. В промышленно развитых странах не проходит и недели без какой-нибудь демонстрации общественности по этому поводу. Такая же ситуация может возникнуть и в развивающихся странах, которые создают свою атомную энергетику; есть все основания утверждать, что дебаты по поводу радиации и ее воздействия вряд ли утихнут в ближайшем будущем.

Радиация действительно смертельно опасна. При больших дозах она вызывает серьезные поражения тканей, а при малых может вызвать рак и индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей и внуков человека, подвергшегося облучению, или у его более отдаленных потомков. [1]

Но для основной массы населения самые опасные источники радиации - это вовсе не те, о которых больше всего говорят. Наибольшую дозу человек получает от естественных источников радиации. Радиация, связанная с развитием атомной энергетики, составляет лишь малую долю радиации, порождаемой деятельностью человека; значительно большие дозы мы получаем от других, вызывающих гораздо меньше нареканий, форм этой деятельности, например от применения рентгеновских лучей в медицине. Кроме того, такие формы повседневной деятельности, как сжигание угля и использование воздушного транспорта, в особенности же постоянное пребывание в хорошо герметизированных помещениях, могут привести к значительному увеличению уровня облучения за счет естественной радиации. Наибольшие резервы уменьшения радиационного облучения населения заключены именно в таких «бесспорных» формах деятельности человека.

Радиация по самой своей природе вредна для жизни. Малые дозы облучения могут «запустить» не до конца еще установленную цепь событий, приводящую к раку или к генетическим повреждениям. При больших дозах радиация может разрушать клетки, повреждать ткани органов и явиться причиной скорой гибели организма.

Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания,

однако, проявляются спустя много лет после облучения - как правило, не ранее чем через одно - два десятилетия.

В то время как идентификация быстро проявляющихся («острых») последствий от действия больших доз облучения не составляют труда, обнаружить отдаленные последствия от малых доз облучения почти всегда оказывается очень трудно. Частично это объясняется тем, что для их проявления должно пройти очень много времени. Но даже и обнаружив какие-то эффекты, требуется еще доказать, что они объясняются действием радиации, поскольку и рак, и повреждение генетического аппарата могут быть вызваны не только радиацией, но и множеством других причин.

Чтобы вызвать острое поражение организма, дозы облучения должны превышать определенный уровень, но нет никаких оснований считать, что это правило действует в случае таких последствий, как рак или повреждение генетического аппарата. По крайней мере, теоретически для этого достаточно самой малой дозы. Однако в то же самое время никакая доза облучения не приводит к этим последствиям во **всех** случаях. Даже при относительно больших дозах облучения далеко не все люди обречены на эти болезни: действующие в организме человека репарационные механизмы обычно ликвидируют все повреждения. Точно так же любой человек, подвергшийся действию радиации, совсем не обязательно должен заболеть раком или стать носителем наследственных болезней; однако вероятность или **риск**, наступления таких последствий у него больше, чем у человека, который не был облучен. И риск этот тем больше, чем больше доза облучения.

Величина же дозы, определяющая тяжесть поражения организма, зависит от того, получает ли ее организм сразу, или в несколько приемов. Большинство органов успевает в той или иной степени залечить радиационные повреждения и поэтому лучше переносит серию мелких доз, нежели ту же суммарную дозу облучения, полученную за один прием.

Разумеется, если доза облучения достаточно велика, облученный человек погибнет. Во всяком случае, очень большие дозы облучения порядка 100 Гр вызывает настолько серьезное поражение центральной нервной системы, что смерть, как правило, наступает в течение нескольких часов или дней. При дозах облучения от 10 до 50 Гр при облучении всего тела поражение ЦНС может оказаться не настолько серьезным, чтобы привести к летальному исходу, однако облученный человек скорее всего все равно умрет через одну - две недели от кровоизлияний в желудочно-кишечном тракте. При еще меньших дозах может не произойти серьезных повреждений желудочно-кишечного тракта или организм с ним справиться, и тем не менее смерть может наступить через один - два месяца с момента облучения главным образом из-за разрушения клеток красного костного мозга - главного компонента кроветворной системы организма: от дозы в 3 - 5 Гр при облучении всего тела умирает примерно половина всех облученных. [1]

Красный костный мозг и другие элементы кроветворной системы наиболее уязвимы при облучении и теряют способность нормально функционировать уже при дозах облучения 0,5 - 1 Гр. К счастью, они обладают также замечательной способностью к регенерации, и если доза облучения не настолько велика, чтобы вызвать повреждение всех клеток, кроветворная система

может полностью восстановить свои функции. Если же облучению подверглось не все тело, а какая-то его часть, то уцелевших клеток мозга бывает достаточно для полного возмещения поврежденных клеток.

Репродуктивные органы и глаза также отличаются повышенной чувствительностью к облучению. Однократное облучение семенников при дозе всего лишь в 0,1 Гр приводит к временной стерильности мужчин, а дозы свыше двух греев могут привести к постоянной стерильности: лишь через много лет семенники могут вновь продуцировать полноценную сперму. По-видимому, семенники являются единственным исключением из общего правила: суммарная доза облучения, полученная в несколько приемов, для них более, а не менее опасна, чем та же доза, полученная за один прием. Яичники гораздо менее чувствительны к действию радиации, по крайней мере, у взрослых женщин. Но однократная доза больше 3 Гр все же приводит к их стерильности, хотя еще большие дозы при дробном облучении никак не сказываются на способности к деторождению.

Наиболее уязвимой для радиации частью глаза является хрусталик. Погибшие клетки становятся непрозрачными, а разрастание помутневших участков приводит сначала к катаракте, а затем и к полной слепоте. Чем больше доза, тем больше потеря зрения. Помутневшие участки могут появиться при дозах облучения 2 Гр и менее. Более тяжелая форма поражения глаза - прогрессирующая катаракта - наблюдается при дозах около 5 Гр. Показано, что даже связанное с рядом работ профессиональное облучение вредно для глаз: дозы от 0, до 2 Гр, полученные в течение 10-20 лет, приводит к увеличению плотности и помутнению хрусталика.

Дети также крайне чувствительны к действию радиации. Относительно небольшие дозы при облучении хрящевой ткани могут замедлить или вовсе остановить у них рост костей, что приводит к аномалиям развития скелета. Чем меньше возраст ребенка, тем сильнее подавляется рост костей. Суммарной дозы порядка 10 Гр, полученной в течение нескольких недель при ежедневном облучении, бывает достаточно, чтобы вызвать некоторые аномалии развития скелета. По-видимому, для такого действия радиации не существует никакого порогового эффекта. Оказалось также, что облучение мозга ребенка при лучевой терапии может вызвать изменения в его характере, привести к потере памяти, а у очень маленьких детей даже к слабоумию и идиотии. Кости и мозг взрослого человека способны выдерживать гораздо большие дозы.

Крайне чувствителен к действию радиации и мозг плода, особенно если мать подвергается облучению между восьмой и пятнадцатой неделями беременности. В этот период у плода формируется кора головного мозга, и существует большой риск того, что в результате облучения матери (например, рентгеновскими лучами) родится умственно отсталый ребенок. Именно таким образом пострадали примерно 30 детей, облученных в период внутриутробного развития во время атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки. Хотя индивидуальный риск при этом большой, а последствия доставляют особенно много страданий, число женщин, находящихся на этой стадии беременности, в любой момент времени составляет лишь небольшую часть всего населения. Это, однако, наиболее серьезный эффект из всех известных эффектов облучения плода человека, хотя после облучения эмбрионов животных в

период их внутриутробного развития было обнаружено не мало других серьезных последствий, включая пороки развития, недоразвитость и летальный исход. [2]

Большинство тканей взрослого человека относительно мало чувствительны к действию радиации. Почки выдерживают суммарную дозу около 23 Гр, полученную в течение пяти недель, без особого для себя вреда, печень - по меньшей мере 40 Гр за месяц, мочевой пузырь - по меньшей мере 55 Гр за 4 недели, а зрелая хрящевая ткань - до 70 Гр. Легкие - чрезвычайно сложный орган - гораздо более уязвимы, а в кровеносных сосудах незначительные, но, возможно, существенные изменения могут происходить уже при относительно небольших дозах.

Конечно, облучение в терапевтических дозах, как и всякое другое облучение, может вызвать заболевание раком в будущем и привести к неблагоприятным генетическим последствиям. Облучение в терапевтических дозах, однако, применяют обыкновенно для лечения рака, когда человек смертельно болен, а поскольку пациенты в среднем довольно пожилые люди, вероятность того, что они будут иметь детей, так же относительно мала. Однако далеко не так просто оценить, насколько велик этот риск при гораздо меньших дозах облучения, которые люди получают в своей повседневной жизни на работе, и на этот счет существуют самые разные мнения среди общественности.

Рак - наиболее серьезное из всех последствий облучения человека при малых дозах, по крайней мере непосредственно для тех людей, которые подвергались облучению.

Несмотря на все эти исследования, оценка вероятности заболевания людей раком в результате облучения не вполне надежна. Имеется масса полезных сведений, полученных при экспериментах на животных, однако, несмотря на их очевидную пользу, они не могут в полной мере заменить сведений о действии радиации на человека. Для того чтобы оценка риска заболевания раком для человека была достаточно надежна, полученные в результате обследования людей сведения должны удовлетворять целому ряду условий. Должна быть известна величина поглощенной дозы. Излучение должно равномерно попадать на все тело либо, по крайней мере, на ту его часть, которая изучается в данный момент. Облученное население должно проходить обследование регулярно в течение десятилетий, чтобы успели проявиться все виды раковых заболеваний. Диагностика должна быть достаточно качественной, позволяющей выявить все случаи раковых заболеваний. Очень важно также иметь хорошую «контрольную» группу людей, сопоставимую во всех отношениях (кроме самого факта облучения) с группой лиц, за которой ведется наблюдение, чтобы выяснить частоту заболевания раком в отсутствие облучения. И обе эти копуляции должны быть достаточно многочисленны, чтобы полученные данные были статистически достоверны. Ни один из имеющихся материалов не удовлетворяет полностью всем этим требованиям. [3]

Еще более принципиальная неопределенность состоит в том, что почти все данные о частоте заболевания раком в результате облучения получены при обследовании людей, получивших относительно большие дозы облучения - 1 Гр и более. Имеется весьма не много сведений о последствиях облучения при дозах, связанных с некоторыми профессиями, и совсем отсутствуют прямые

данные о действии доз облучения, получаемых населением Земли в повседневной жизни. Поэтому нет никакой альтернативы такому способу оценки риска населения при малых дозах облучения, как экстраполяция оценок риска при больших дозах (уже не вполне надежных) в область малых доз облучения.

Самыми распространенными видами рака, вызванными действием радиации, оказались рак молочной железы и рак щитовидной железы. По оценкам НКДАР, примерно у десяти человек из тысячи облученных отмечается рак щитовидной железы, а у десяти женщин из тысячи - рак молочной железы (в расчете на каждый грэй индивидуальной поглощенной дозы).

Однако обе разновидности рака в принципе излечимы, а смертность от рака щитовидной железы особенно низка. Поэтому лишь 5 женщин из тысячи, по-видимому, умрут от рака молочной железы на каждый грэй облучения и лишь один человек из тысячи облученных, по-видимому, умрет от рака щитовидной железы.

Рак легких, напротив, - беспощадный убийца. Он тоже принадлежит к распространенным разновидностям раковых заболеваний среди облученных групп населения. В дополнение к данным обследования лиц, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, были получены сведения о частоте заболевания раком легких среди шахтеров урановых рудников в Канаде, Чехословакии и США. Любопытно, однако, что оценки, полученные в обоих случаях, значительно расходятся: даже принимая во внимание разный характер облучения, вероятность заболеть раком легких на каждую единицу дозы облучения для шахтеров урановых рудников оказалась в 4 - 7 раз выше, чем для людей, переживших атомную бомбардировку. НКДАР рассмотрел несколько возможных причин такого расхождения, среди которых последнюю роль играет тот факт, что шахтеры в среднем старше, чем население японских городов в момент облучения. Согласно текущим оценкам комитета, из группы людей в тысячу человек, возраст которых в момент облучения превышает 35 лет, по-видимому, пять человек умрут от рака легких в расчете на каждый грэй средней индивидуальной дозы облучения, но лишь половина этого количества - в группе, состоящей из представителей всех возрастов. Цифра «пять» - это нижняя оценка смертности от рака легких среди шахтеров урановых рудников.

Рак других органов и тканей, как оказалось, встречается среди облученных групп населения реже. Вероятность умереть от рака желудка, печени или толстой кишки составляет примерно всего лишь 1/1000 на каждый грэй средней индивидуальной дозы облучения, а риск возникновения рака костных тканей, пищевода, тонкой кишки, мочевого пузыря, поджелудочной железы и лимфатических тканей еще меньше и составляет примерно от 0,2 до 0,5 на каждую тысячу и на каждый грэй средней индивидуальной дозы облучения.

Давно высказывались предположения, что облучение, возможно, ускоряет процесс старения и таким образом уменьшает продолжительность жизни. НКДАР ООН рассмотрел все данные в пользу такой гипотезы, но не обнаружил достаточно убедительных доказательств, подтверждающих ее, как для человека, так и для животных, по крайней мере, при умеренных и малых

дозах, получаемых при хроническом облучении. Облученные группы людей действительно имеют меньшую продолжительность жизни, но во всех известных случаях это целиком объясняется большей частотой раковых заболеваний.

Изучение генетических последствий облучения связано с еще большими трудностями, чем в случае рака. Во-первых, мало известно о том, какие повреждения возникают в генетическом аппарате человека при облучении; во-вторых, полное выявление всех наследственных дефектов происходит лишь на протяжении многих поколений; и, в-третьих, как и в случае рака, эти дефекты невозможно отличить от тех, которые возникли по другим причинам.

Около 10% всех живых новорожденных имеют те или иные генетические дефекты, начиная от необременительных физических недостатков типа дальтонизма и кончая такими тяжелыми состояниями, как синдром Дауна, хорей Гентингтона и различные пороки развития. Многие из эмбрионов и плодов с тяжелыми наследственными нарушениями не доживают до рождения; согласно имеющимся данным, около половины всех случаев спонтанного аборта связаны с аномалиями в генетическом материале. Но даже если дети с наследственными дефектами рождаются живыми, вероятность для них дожить до своего первого дня рождения в пять раз меньше, чем для нормальных детей.

Большой вред здоровью человека наносит радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Значительная часть территории России подвергалась радиоактивному загрязнению в результате Чернобыльской катастрофы, при авариях на предприятиях ядерно-топливного цикла, при испытаниях ядерного оружия на Семипалатинском и Новоземельском полигонах. Атомные электростанции, исследовательские реакторы, пункты захоронения радиоактивных отходов, места взрывов в мирных целях образуют места повышенного риска. Особую тревогу вызывают места стоянок атомных подводных лодок и судов с атомными двигателями. Значительное количество радиоактивных отходов захоронено в акваториях морей, прилегающих к берегам России. [4]

Особая опасность радиоактивного загрязнения связана как с непосредственным воздействием радиации на организм человека, вызывающим лучевую болезнь разной степени, так и отдаленными последствиями, выраженными как в онкологических заболеваниях, так и на генетическом уровне. Само радиоактивное загрязнение сохраняется длительное время в соответствии с периодами полураспада образующихся радионуклидов:

⁴²Калий - 12,4 часа

¹³⁷Цезий - 30,2 года

²²²Радон - 3,8 суток

⁶⁵Цинк - 250 лет

¹³¹Йод - 8 суток

¹⁴Углерод - 5568 лет

⁶⁰Кобальт - 5,27 года

²³⁹Плутоний - 24400 лет

⁹⁰Стронций - 28,5 года

Наряду с техногенными источниками некоторая роль в загрязнениях принадлежит месторождениям радиоактивных руд и горным породам с повышенной радиоактивностью. В этом отношении опасны некоторые районы Забайкалья, где находятся главные месторождения урана в России, и действует Приаргунский горно-химический комбинат. Иногда в строительстве используются щебенка и панели из гранитов с повышенной радиоактивностью,

что увеличивает значения экспозиционной дозы, иногда в 2 - 3 раза по сравнению с фоном. Сейчас строительные материалы подвергаются более серьезному радиометрическому контролю. При наличии в недрах пород с радиоактивными минералами к поверхности земли по трещинам проникает радон - выделяются так называемые геопатогенные зоны. Скапливаясь в подвальных помещениях и на нижних этажах зданий, радон может оказать негативное воздействие на здоровье жителей.

В местах, подвергшихся сильному загрязнению в результате Чернобыльской катастрофы, в прилегающих областях Украины, Белоруссии и России накопившиеся в почве радионуклиды (преимущественно $^{137}\text{Цезий}$ и $^{90}\text{Стронций}$) извлекаются растениями. До сих пор, не смотря на радиометрический контроль, зараженные овощи, ягоды и грибы продолжают иногда попадать на городские рынки в центральных районах России.

Выводы.

В целом радиоактивное загрязнение остается одной из самых серьезных экологических проблем нашей страны. В течение своей жизни каждый человек получает некоторые дозы радиации при полетах на высоте, во время пребывания в высокогорье, при обследовании с помощью рентгеновской аппаратуры, так что следует по возможности избегать дополнительного существенного радиационного воздействия.

Изменение человеком окружающей среды и его деятельность могут увеличить дозы «нормального» облучения за счет естественных источников. Примеры такой деятельности - добыча полезных ископаемых, использование строительных материалов минерального происхождения в домостроении и минеральных удобрений, содержащих повышенное количество радионуклидов уранового и ториевого рядов, сжигание ископаемого топлива, в частности угля, приводящие к выбросу естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и др.) и т. п. Такой фактор, как проживание в доме, часто приводит к повышению облучения, вызванному накоплением газообразных радионуклидов и их продуктов распада при недостаточной скорости вентиляции.

Литература:

1. Банникова Ю.А. «Радиация. Дозы, эффекты, риск» Перевод с английского. – М., 1989г. - 70с.
2. Арустамов Э.А. «Безопасность жизнедеятельности» - М., 2002г. - 56с.
3. Козлов В.Ф. «Справочник по радиационной безопасности» - М., 1988г. – 15-17с.
4. «Экологическое состояние территории России». Под редакцией Ушакова С.А., Каца Я.Г. – М., 2000г. 95с.