

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

**Савинова Л.Н., Вакунин Е.И., Коряков А.Е.**

*Тульский государственный университет*

*Обобщены сведения о биологических последствиях от воздействия малых доз облучения. Систематизированы сведения о биологических последствиях от воздействия излучения радона и дочерних продуктов его распада на организм человека.*

Тульская область, наряду с Челябинской областью и Алтайским краем, характеризуется наибольшими суммарными дозами облучения в России. В связи с этим интерес представляет обсуждение сведений о тонком воздействии радиации на организмы для выяснения возможной опасности от сравнительно малых доз фонового облучения.

До недавнего времени было распространено мнение, что существует безопасный уровень, ниже которого радиация не влияет на здоровье человека. К такому безопасному уровню относили очень малые дозы естественной радиоактивности и еще меньшие добавки к уровню фоновой радиации от искусственных источников. Однако в 80-е годы было установлено, что даже малые дозы облучения могут быть канцерогенными. Латентный период после канцерогенного облучения может достигать 30-40 лет для большинства форм рака и 5-10 лет для лейкемии. В 1985 г. НКРЗ (Национальная Комиссия по радиационной защите при Минздраве СССР) приняла вслед за Международной Комиссией по радиационной защите при ООН специальное решение, что дополнительное облучение людей в любой, сколь угодно малой дозе сопряжено с дополнительным, отличным от нуля риском канцерогенеза.

Установлено, что при очень низком уровне радиации, когда восстановление ДНК после прямых повреждений происходит, очевидно, очень эффективно, наблюдается преобладание косвенного химического повреждения клеточных структур (например, фосфолипидных мембран), так как для функционального повреждения требуется малая доза радиации. Это приводит к эволюционным дефектам, возникающим вследствие нарушения процесса размножения клетки или видоизменения клетки в течение эмбрионального периода развития, и выражается в увеличе-

нии численности потомства с врожденными дефектами, самопроизвольных выкидышей и в повышении смертности на раннем этапе развития в результате плохого развития, недостатка гормонов и сопутствующих нарушений иммунологической системы.

Предполагают, что аналогичные нарушения иммунологической системы снижают способность к обнаружению и разрушению клеток новообразования, поэтому возрастает смертность вследствие раковых заболеваний, связанных с уменьшением сопротивления организма к распространению и росту клеток опухоли.

Предполагают также, что все болезни, обычно связываемые со старением (болезни легких, сердца и системы кровообращения), прогрессируют по мере образования свободных радикалов, что приводит к увеличению повреждений мембран клетки свободными радикалами  $O_2\cdot$ ,  $NO_2\cdot$  и др. [1-3].

По результатам радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территории Тульской области наибольший вклад в дозовую нагрузку населения области вносит облучение от естественных источников излучения. По данным за 2000-2005 гг доза облучения (средняя годовая эффективная эквивалентная доза облучения (СГЭЭД) на каждого жителя области составила 3,66 мЗв/год и по структуре разделяется на дозу от космического излучения - 0,29 мЗв (7,92 %), от внешнего облучения - 0,76 мЗв (20,76 %), от внутреннего облучения - 0,17 мЗв (4,64 %), от ингаляции радона - 2,44 мЗв (66,66 %). Таким образом, основной вклад в суммарную дозу вносят природные радионуклиды - радон и дочерние продукты его распада (ДПР)

В литературе широко обсуждается вопрос воздействия радона и его дочерних продуктов на здоровье человека [4].

Вдыхание радона и его короткоживущих дочерних продуктов приводит к облучению легочной ткани человека. При этом основная доза создается альфа-частицами ДПР. Малый пробег альфа-частиц в биологической ткани приводит к резкой неоднородности облучения. Поскольку первичные раковые опухоли, обусловленные облучением, возникают, в основном, в верхних дыхательных путях, считается, что последствия облучения определяются дозой, поглощенной в клетках эпителия трахеобронхиальной части легких [5].

Изотопы радона - инертные газы, поэтому их поведение в организме существенно отличается от поведения их продуктов распада. Радон легко растворяется в крови, лимфе и других жидкостях организма, значительно лучше растворяется в жирах,

что обуславливает эффективное поглощение его жировыми тканями при поступлении в организм. Концентрация изотопов радона в крови после достижения стационарного состояния (практически через час после ингаляции для радона и около 5 мин для торона) определяется их содержанием в воздухе и не зависит от времени экспозиции, составляя для радона примерно 30-45 % концентрации во вдыхаемом воздухе. При ингаляции торона это значение равно 4 %.

Поступающий при дыхании радон избирательно накапливается в некоторых органах и тканях, особенно в гипофизе и коре надпочечников, этих двух важнейших железах внутренней секреции, определяющих гормональную активность организма и регулирующих деятельность вегетативной нервной системы, концентрируются также в сердце, печени и других жизненно важных органах. Растворяясь в крови и лимфе, радон и продукты его распада быстро разносятся по всему телу и приводят к массивованному внутреннему облучению.

При питье воды преимущественное накопление радона происходит в ЖКТ, жировой ткани и мозге. В первые 10-15 мин после введения наблюдается резкое увеличение содержания радиоактивности во всех органах и тканях, при этом основная часть ее быстро выделяется из организма выдыхаемым воздухом. Через 2-3 часа в большинстве органов и тканей остаются лишь следы радона и продуктов его распада. Выведение радона из организма независимо от способа введения осуществляется главным образом через легкие (90 % общего количества при ингаляции, 60 % после купания) и отчасти с мочой (0,1-0,25 %). Около 90 % радона выделяется из организма человека за 1 час, полностью – за 6 – 7 часов. Период выделения торона из крови составляет 4,5 мин, поэтому почти весь торон распадается прежде, чем вновь поступает в легкие.

Короткоживущие продукты распада изотопов радона, попадая в ЖКТ (с водой, в процессе самоочищения легких) практически не достигают его стенок и распадаются в его содержимом и слизистом отделяемом, не поступая в кровь. При поступлении в ЖКТ долгоживущих продуктов распада резорбция их в кровь зависит от химических свойств веществ, физиологического состояния пищеварительного тракта, состава пищевого рациона и т.п. Резорбция  $^{210}\text{Pb}$  из ЖКТ принята равной 6%,  $^{210}\text{Pb}$  - 8%,  $^{210}\text{Bi}$  - 1%.

Из короткоживущих продуктов распада изотопов радона достигнуть других органов могут только  $^{212}\text{Pb}$  и  $^{212}\text{Bi}$ .

Распределение долгоживущих продуктов распада изотопов радона, как и других радионуклидов, определяется их химическими и физико-химическими свойствами.  $^{210}\text{Pb}$  накапливается в значительных количествах в костях, зубах и ногтях человека.  $^{210}\text{Bi}$  в основном концентрируется в печени, почках и легких.  $^{210}\text{Pb}$  обнаруживается практически во всех тканях и органах, но значительные его количества определены в печени, мышцах, крови и почках. Выведение его осуществляется преимущественно через ЖКТ и почки, причем 0,9  $^{210}\text{Pb}$  экскретируется с калом и только 0,1 с мочой. Средний период выделения  $^{210}\text{Pb}$  из всего организма составляет  $37 \pm 6$  сут.

Токсическое действие в основном направлено на органы дыхания. При отравлении радоном возникает истощение, появляется бледность, лимфатические узлы и внутренние органы атрофируются, происходит жировая и гиалиновая дегенерация почек и печени. При 5-ти часовой ингаляции воздуха, концентрация радона в котором более 74 Бк/л, наблюдается падение иммунитета, снижение гемоглобина и развивается токсическая пневмония с лейкоцитозом. Относительно других систем органов общим токсическим проявлением является появление добро- и злокачественных образований в виде отека легких, очаговой эмфиземы, рака и аденомы легких, аденомы щитовидной железы. Если ингаляция продолжается свыше 8 часов, то в организме происходят необратимые последствия, конкретно связанные с деятельностью нервной и кровеносной систем. Помимо вышеперечисленных заболеваний у человека могут развиваться очаги некроза красного костного мозга и происходить накопление радона и его продуктов распада в головном мозге. Это приводит к раку крови и разрушению клеток мозга. В случае несоблюдения нужных правил безопасности наступает летальный исход.

Существует статистическая связь заболеваемости злокачественными опухолями, склерозом, ишемической болезнью сердца, изменением поведенческих реакций и детским церебральным параличом с геопатогенными зонами (разломами), по которым радон перемещается и с помощью которых выходит на поверхность.

Выявлена статистически значимая зависимость заболеванием раком легких от содержания радона в жилых помещениях. Риск смерти от рака легких, вызванного воздействием продуктов распада радона, составляет примерно 0,4% от общего вредного воздействия, которому подвергается житель США в среднем, что намного превышает риск летального исхода от воздействия пестицидов, асбеста, других токсичных веществ [3]. Исследования, проведенные Агентством по охране окружающей среды США (USEPA) показали, что предположительно 5 тысяч ежегодных случаев заболевания раком легких среди некурящей части населения и около 15 тысяч смертей от рака легких среди курильщиков США связаны с содержанием радона в помещениях [6].

Оценки Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) последствий облучения людей дочерними продуктами радона, находящимися в воздухе жилых помещений, показывают, что при наблюдаемом среднем значении объемной активности дочерних продуктов радона в помещениях около 10% существующих в настоящее время случаев заболевания раком легких следует отнести за счет этого фактора [4].

Отмечается увеличение биологического риска в 5-10 раз при наличии пыли, смога. Канцерогенный эффект многократно усиливается табачным дымом, ультрафиолетом, аномальными скоплениями полициклических ароматических углеводородов [2]. Особенно чувствительны к радону дети и лица до 20 лет, поскольку они имеют меньший объем легких и большую частоту дыхания [7].

Показано, что радон в питьевой воде может вызвать дополнительно 30 – 600 случаев рака легких в год у населения США, что эквивалентно 5000-20000 (около 10и%) случаям рака легкого, вызываемого радоном, при его накоплении в воздухе жилых помещений [8]. По оценкам 0,7 % смертей в Бельгии обусловлены радоном [9].

Употребление воды, с повышенным содержанием радона, увеличивает вероятность заболевания раком желудка [10].

### **Библиографический список**

1. Бокрис Дж.О.М. *Химия окружающей среды: Пер. с англ./Под ред. Цыганкова А.П. - М.: Химия, 1982. - С. 414 - 444.*
2. Manahan, Stanley E., *Environmental Chemistry, 6<sup>th</sup> ed., Lewis Publishers /CRC Press, Boca Raton, Florida, 1994.*

3. "Exposure to Enhanced Natural Radiation and its Regulatory implications", *Science of the Total Environment*, 1985. Vol. 45, p.233.
4. Gudersen L.C.S. *Focus on Radon and Radionuclides*. Baltimor. 1991. v.36, N 8, p.17-18.
5. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. *Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учеб. пособие. - 2-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 304 с. : ил.*
6. Воздействие на человека радона/ *Реф. журн.* , 1990, т. 72, N 11. - 11.83.361.
7. Результаты измерений концентраций радона в некоторых регионах России/ *Реф. журн.* , 1996, т. 72, N 3. - 3.72.501.
8. Радон в помещениях: специфический риск для детей/ *Реф. журн.* , 1992, т. 72, N 3. - 3.72.581.
9. Уменьшение концентрации радона в школах/ *Реф. журн.* , 1991, т. 72, N 1. - 1.72.396.
10. Ярмоленко С. П., Вайсон А.А. *Радиобиология человека и животных. - М.: Высш. шк., 2004. - 549 с.*

УДК 624.131:551.3

## **К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

**Серёгина О.В.**

*Тульский государственный университет*

*Проанализированы основные источники воздействия горного производства на природную среду, показаны виды воздействия на геологическую среду.*

Горное предприятие, как территориально рассредоточенная система объектов производства и инфраструктура любой сложности, предназначенная для освоения недр, оказывает масштабное воздействие на основные компоненты окружающей природной среды.

Природная среда в практической, хозяйственной деятельности предстает как сочетание ресурсов. Каждый вид природного ресурса для любого конкретного технологического развития ограничен по количеству и по качеству. Особенностью воздействия горного производства на природные ресурсы является то, что его основу составляет использование и преобразование такого природного ресурса, как недра.