

УДК 612.01582

К. М. ХАСЕНОВА, М. А. БУЛЕШОВ, Д. Д. АБДИРАСИЛОВА, Н. М. МУХАБЕТОВ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИИ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ*(Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, г. Туркестан)*

Приводится обзор материала относительно влияния радиации на живой организм. Обращается внимание на радиочувствительность различных организмов при однократном гамма-облучении. Приводится шкала биологических эффектов человека при общем облучении. Также обобщаются данные, касающиеся облучения от естественных и искусственных источников излучения с примерным расчетом годовых доз. В заключении статьи указывается на огромные приспособительные возможности всего живого к неблагоприятным условиям окружающей среды, что облегчает существование в целом жизни на Земле.

Радиация по самой своей природе вредна для существования любого живого организма.

Все живое на земле не безразлично к ионизирующему излучению. Однако мера чувствительности к радиации определенного биологического вида присуща только ему и отличается от других.

Иначе говоря, одна и та же доза облучения может оказаться, например, для человека смертельной, а на определенные бактерии или насекомых она действует стимулирующе. Существуют бактерии, которые успешно размножаются в канале ядерного реактора при дозе 100 000 Гр.

В пределах одного вида степень радиочувствительности также может варьировать в зависимости от пола и возраста. Кроме того, даже в одном организме клетки и ткани различных систем могут быть и радиочувствительными (кровенворная система, эпителий слизистой кишечника), и радиорезистентными (мышечная, нервная, костная ткани).

Однозначно признано, что решающим звеном в реакциях многоклеточных биологических систем на радиационное воздействие является клетка, содержащая генетический материал. Бесспорно также, что главной мишенью для радиации служат биологические мембраны, регулирующие взаимоотношение клетки с внешней средой.

Причины различной радиочувствительности организмов до конца не изучены. Выявлено, что высокоорганизованные существа легче повреждаются радиацией, чем объекты, находящиеся на более низком уровне развития. Однако такая зависимость не всегда прямолинейна. Обнаружена связь радиоустойчивости с особенностями питания и химического состава организма. Так, перевод степных песчанок на виварийную диету

заметно снижает устойчивость зверьков к радиации.

Критерии радиочувствительности основаны на степени выживаемости биообъекта. С этой целью используют величину $LD_{50/30}$ – смертельную дозу облучения, при которой гибнет 50% исследуемых организмов в течение месяца.

В табл. 1 представлены ориентировочные значения $LD_{50/30}$ при общем гамма-облучении некоторых биообъектов по данным различных авторов.

Довольно широкий диапазон уровней радиочувствительности обусловлен не только видовыми колебаниями. Всему живому свойственна индивидуальная чувствительность. Давно замечено, что люди по-разному реагируют на облучение. При радиотерапии у одних больных после первых же сеансов облучения появляются головокружение, тошнота, слабость. Другие же переносят весь

Таблица 1. Радиочувствительность различных объектов при однократном гамма-облучении, $LD_{50/30}$

Объект	Доза, Гр
Овца	1,5-2,5
Морская свинка	1,5-3,5
Осел	2-3,8
Собака	2,5-3
Человек	2,5-4
Обезьяны разных видов	3-6
Мыши разных линий	6-15
Крысы разных линий	7-9
Птицы, рыбы	8-20
Кролик	9-10
Змея	8-200
Насекомые	10-100
Растения высшие	10-1500
Водоросли	180-1000
Бактерии разных видов	50-7500
Вирусы разных классов	4500-7000

курс лечения без всякой болезненной реакции. Большую роль при этом играет общее состояние организма, отягощенность сопутствующими заболеваниями, иммунитет. Высокую чувствительность к облучению проявляют организмы в эмбриональном периоде. Доза, безвредная для матери, может вызвать серьезные нарушения у плода.

Глядя на табл. 2, не стоит удивляться, что при дозах менее 0,001 Гр появляется эффект уг-

нетения жизнедеятельности человека. Это убедительно доказано многочисленными научными исследованиями. Дело в том, что за длительный период эволюции организмы адаптировались к определенным дозам радиации, и этот фон стал необходим для их нормального существования. Снижение этого уровня тормозит жизненно важные процессы, небольшое увеличение – стимулирует их, а дальнейший его рост оказывает уже негативное воздействие.

Таблица 2. Шкала биологических эффектов человека при общем облучении

Доза, Гр	Эффект
Примерно 2000	Смерть под лучом
10-100	Церебральная форма лучевой болезни (комагиозное состояние, летальный исход болезни 1-2 ч)
6-10	Кишечная форма лучевой болезни (тяжелое поражение слизистой кишечника, летальный исход через 3-12 сут)
4-6	Костномозговая форма лучевой болезни (тяжелое поражение костного мозга, нарушение слизистой кишечника)
2-4	Средняя тяжесть лучевой болезни (сокращение средней продолжительности жизни на 3-9 лет)
1-2	Иммунодефицитное состояние (пострадиационный канцерогенез и др.)
0,5-1	Нарушение кроветворения, первичные нарушения иммунитета, удвоение мутаций, учащение злокачественных образований
0,1-0,5	Временная мужская стерильность
0,05-0,1	Регистрация мутаций
0,002-0,05	Стимуляция жизнедеятельности
0,001-0,002	Оптимум жизнедеятельности
Менее 0,001	Угнетение жизнедеятельности

Оказалось, что малые дозы для различных видов растений, животных и человека разнятся по величине, так как радиочувствительность живых существ, как мы видели, колеблется в широких пределах. Сегодня принято считать, что к малым относятся дозы, превышающие естественный фон в 5–10 раз, с одной стороны, и примерно в 100 раз меньшие, чем $LD_{50/30}$ – с другой. Для человека, занимающего по радиочувствительности срединное положение в группе млекопитающих, малые дозы составляют 0,04–0,05 Гр при однократном облучении.

Мнения ученых о квалификации малых доз весьма противоречивы. Существует немало доказательств в пользу благотворного влияния радиации в небольших дозах вплоть до уменьшения смертности от рака и увеличения средней продолжительности жизни. Тем не менее, радиационное загрязнение больших территорий нашей планеты волнует общественность и обуславливает острую необходимость комплексного исследования влияния малых доз радиации техноген-

ного и естественного происхождения на экологические системы, сообщества и биосенсы.

Большие проблемы с точки зрения влияния малых доз возникли с территориями, пострадавшими от многолетних ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне, аварий на ЧАЭС, Южном Урале и др. Анализ Чернобыльских и Уральских событий также неоднозначен. С одной стороны, обширная литература, освещавшая 10-летие Чернобыля, свидетельствует лишь о негативных последствиях радиации в малых дозах на здоровье людей и окружающей среды [3]. С другой – убедительно показано, что за длительный промежуток времени после упомянутых аварий одновременно с очищением почвы происходят процессы самоочищения биосферы и экологической адаптации животных и растений к малым дозам радиации [2, 3]. Подобные восстановительные явления происходят и на Семипалатинских полигонных землях [1].

Основная проблема радиационной безопасности заключается в обеспечении защиты

здоровья людей от превышения предельно допустимой научно установленной дозы. С этой целью экранируют источники излучения, отдаляют от них рабочие места, ограничивают время работы, создают дистанционные манипуляторы, одевают защитные костюмы. Дело в том, что полностью поглотить жесткие гамма- и рентгеновские лучи не могут ни свинцовые, ни бетонные или баритовые преграды. Они лишь ослабляют их поток. Защищаться от нейтронов еще более сложно. Свинец и бетон малоэффективны, а потому

нейтронные источники часто содержат под толщей воды, используют также парафин и пластики.

Человек в течение всей своей жизни получает основные дозы от естественных источников, большую часть – от земных. Остальную долю вносят космические лучи. В среднем доза облучения от всех естественных источников ионизирующих излучений составляет в год около 200 мР, хотя это значение может колебаться в разных регионах земного шара от 50 до 1000 мР/год и более (табл. 3).

Таблица 3. Приходные источники ионизирующего излучения

Источники	Средняя годовая доза		Вклад в дозу, %
	бэр	Зв	
Космос (излучение на уровне моря)	30	0,30	15,1
Земля (грунт, вода, строительные материалы)	50-130	0,5-1,3	68,8
Радиоактивные элементы, содержащиеся в теле человека	30	0,30	15,1
Другие источники	2	0,02	1
Средняя суммарная годовая доза	200	2	–

Нормативными документами утверждены допустимые дозы радиации, различающиеся между собой в зависимости от профессиональной принадлежности и радиационной ситуации. Согласно международным нормам, в настоящее время принята допустимая доза для человека, составляющая 0,1 бэра за год. В условиях профессионального облучения ПДД (предельно допустимая доза) составляет 5 бэр. Для людей, проживающих вблизи источников ионизирующего излучения, норматив допускает 0,5 бэра.

За 70 лет жизни человек может получить от различных источников излучения и существующего естественного фона около 14–15 бэр.

Неблагоприятных последствий от такого суммарного уровня облучения на здоровье детей и взрослых не установлено. Подсчитано, что каждый житель Земли на протяжении всей своей жизни в среднем облучается ежегодно в дозе 250–400 мбэр. Примерный расчет годовых доз приведен в табл. 4.

К физическим мерам защиты от радиоактивных веществ, т.е. от оседаемых взвешенных частиц, относится элементарное мытье рук, ношение защитных перчаток, что на 90% защищает кожу и пищеварительный тракт. Попадание твердых пылевидных радиоактивных веществ в органы дыхания зависит от их размеров. Частицы

Таблица 4. Искусственные источники излучения (оценка средних годовых доз)

Источник	Годовая доза		Доля от природного фона, % (до 200 мбэр)
	мбэр	мЗв	
Медицинские приборы (флюорография – 370 мбэр, рентгенография зуба – 3 бэра, рентгеноскопия легких – 2–8 бэр)	100-150	1,0-1,5	50-75
Полеты в самолете (расстояние 2000 км высота 12 км) – 5 раз в год	2,5-5	0,02-0,05	1,0-2,5
Телевизор (просмотр программ по 4 ч в день)	1	0,01	0,5
АЭС	0,1	0,001	0,05
ТЭЦ (на угле) на расстоянии 20 км	0,6-6	0,006-0,06	0,3-3
Глобальные осадки от испытания ядерного оружия	2,5	0,02	1
Другие источники	40	–	–
Итого			150-200 мбэр/год

размером 0,1 мкм, попадая в легкие при вдохе, удаляются с выдыхаемым воздухом, частицы более 5 мкм задерживаются в носовой полости, а потому рекомендуется использовать респираторы.

При попадании радиоактивных элементов в организм они выделяются из него с большей или меньшей скоростью. Такие источники излучения, как радий, уран, плутоний, стронций, иттрий и цирконий, откладываются в костной ткани и очень трудно выводятся, так как находятся в химически связанном состоянии. Цезий же образует в организме легко растворимые соли, накапливается в мягких тканях и легко удаляется из них (период его полувыведения составляет 100 сут).

Радиоактивный стронций хорошо вытесняется конкурентным кальцием или нерадиоактивным стронцием, что способствует его выведению. Легко растворимый цезий-137 успешно выводится из организма с помощью обильного питья. Ускорению выведения радиоактивных металлов способствуют продукты, содержащие щавелевую кислоту, лимоннокислый натрий, соли кальция и фосфора, комплекс витаминов. С этой целью эффективен прием пектинов растительного происхождения. Наиболее богаты ими яблоки (особенно сушеные), морковь, редис, перец и другие овощи и фрукты.

Разработаны сорбенты, способные извлекать из жидкостей, в том числе из молока, до 99,9 % радионуклидов.

При попадании радиоактивных веществ через рот, кроме обильного питья, полезно применение рвотных средств, использование солевых слабительных, мочегонных средств и очистительных клизм. В стационарах производят очистку крови гемосорбцией и гемодиализом. Раннее осуществление всего комплекса дезактивационных мероприятий снижает степень опасности в десятки раз.

На случай радиационной опасности для населения разработаны соответствующие рекомендации и правила поведения, включающие меры защиты от проникновения радиации в помещение, пищу и воду. Особо обращено внимание на то, что алкоголь не только не оказывает профилактического действия, а наоборот, усугубляет развитие лучевого поражения.

Наряду с физической защитой от радиации существуют химические и биологические противолучевые средства, называемые радиопротек-

торами. Это вещества, которые оказывают радиозащитное действие, если их вводят перед облучением. Запланировать же облучение человека можно только в случае применения радиации в лечебных целях.

Высокий уровень медицинского обслуживания населения, особенно в экологически неблагоприятных местностях, играет ведущую роль в контроле здоровья людей, получивших небольшие дозы облучения. Это подтверждено состоянием и продолжительностью жизни людей, сумевших выжить после ядерных бомбардировок 1945 г. двух японских городов. 91 228 человек, переживших эту ядерную атаку, а также 31 150 их детей тщательно и продолжительно обследовались. Ожидаемого всплеска рака молочной и щитовидной желез, а также лейкемии (именно эти виды опухоли развиваются под влиянием облучения) в течение четырех с половиной десятилетий не наблюдалось. Не установлено и превышения количества генетических аномалий у детей от облученных родителей по отношению к контрольным группам. Однако проблема японской трагедии не закрыта, исследования продолжают, окончательные выводы еще впереди.

В отношении постоянной квалифицированной помощи населению, проживающему на Семипалатинском следе, сложилась значительно сложная ситуация. В результате отсутствия радиологических знаний сами врачи и медперсонал приписывали радиации всю обнаруживаемую патологию. Преуспели в этом и средства массовой информации (особенно в начале 90-х гг.). Все это порождало отрицательные психофизиологические эмоции, усугубляло чувство безысходности и стало основой развития всеобщей радиофобии. В медицине известно, что первопричиной иммунодефицита является отрицательное стрессовое состояние. Угнетение иммунной системы, в свою очередь, ведет к развитию различных заболеваний. Круг замыкается. На фоне же социально-экономического спада все эти явления усугубляются.

Население должно знать, что преимущественная часть площадей на Семипалатинском следе, некогда загрязненная взрывами, очистилась, а экологическое состояние природных популяций животных и растений вернулось в равновесное состояние. За еще более короткий срок восстановилась живая природа вокруг ЧАЭС (взрыв

1986 г.) и Кыштыма (Южный Урал, плутониевая авария 1957 г.).

Кроме того, сравнение поражающего действия радиации от одномоментных взрывов с многолетними Семипалатинскими испытаниями (1949–1989) неправомерно, так как известно, что воздействие доз радиации, аккумулированных на протяжении ряда лет, гораздо меньше, чем действие одной такой совокупной дозы.

Непрекращающиеся процессы самоочищения природы, эволюционно развитые приспособительные возможности всего живого к неблагоприятным условиям окружающей среды во многом облегчают существование жизни на Земле. Все остальное в руках самого Человека, в его желани, знаниях и умении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берикболов Б.Р., Петров Н.Н. Геолого-промышленные типы урановых месторождений Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана. 1995. № 2. С. 25-31.
2. Кобыркулжаева З.М., Бураков М.М. К охране окружающей среды на предприятиях подземного выщелачивания урана // Доклады к Междун. научно-практ. конф. (Алматы, 22-23.01.2001 г.). Алматы: Шартарап, 2001. С. 339-343.
3. Рыскулова С.Т. Экология и радиация. Алматы: Ыбылым, 2000.

4. Закон РК от 15 июня 1997 г. №160-1 «Об охране окружающей среды».

5. Инструкция по нормированию выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. № 340-П от 19.12.2001 г.

Резюме

Тірі организмге радиацияның әсері туралы шолу материалы келтірілген. Бір мезгілдегі гамма-сәулелену кезінде әртүрлі организмдердің радиосезімталдығына көңіл аударылған. Жалпы сәулеленуінде адамның биологиялық әсерлерінің өлшемі көрсетілген. Сонымен қатар жасанды түрлері туралы мөлдіметтер берілген. Қорытындысында, әлемдегі жалпы тіршіліктің жүзеге асуын жеңілдететін сыртқы ортаның қолайсыз әсерлеріне тірі организмдердің бейімделу мүмкіншіліктері туралы айтылған.

Summary

There is an overview of material related to the influence of radiation on living organism given in the article. The attention is paid on radio – sensibility of different organisms during one – time gamma – exposure. There is also the data concerning the exposure from natural and artificial sources of radiation with approximate amount of annual doses. In conclusion, there is mentioned about the huge adapting ability of all living beings to unfavorable conditions of the environment, including radiation, which facilitate existence in whole, of life on the Earth.