

Я.Л. Мархоцкий

Основы радиационной безопасности населения



Я.Л.Мархоцкий

Основы радиационной безопасности населения

Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений
высшего образования

2-е издание, стереотипное



Минск
«Вышэйшая школа»

УДК 614.876.084(075.8)

ББК 31.4я73

M28

Рецензенты: кафедра «Основы медицинских знаний» учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» (заведующий кафедрой доктор медицинских наук, профессор *В.П. Сытый*); профессор кафедры гигиены и медицинской экологии Белорусской медицинской академии последипломного образования, доктор медицинских наук *В.И. Тернов*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Мархоцкий, Я. Л.

M28 Основы радиационной безопасности населения : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. — 2-е изд., стереотип. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 224 с. : ил.

ISBN 978-985-06-2428-4.

Рассмотрены вопросы радиационной безопасности населения и экологические проблемы атомной энергетики. Описаны элементы ядерной физики, естественные источники радиации, действие ионизирующей радиации на организм человека. Представлены дозиметрические и радиометрические приборы.

Первое издание вышло в 2011 г.

Для студентов учреждений высшего образования.

УДК 614.876.084(075.8)

ББК 31.4я73

ISBN 978-985-06-2428-4

© Мархоцкий Я.Л., 2011

© Оформление. УП «Издательство
«Вышэйшая школа»», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс радиационной безопасности введен в учебный процесс во всех вузах Беларуси. Это обусловлено тем, что студенты, а затем и специалисты с высшим образованием, должны глубоко понимать процессы, вызываемые воздействием ионизирующей радиации на биосферу, так как чернобыльская катастрофа еще многие годы будет оказывать негативное влияние на атмосферу, литосферу и гидросферу, а самое главное – на здоровье населения Беларуси. Кроме того, планируется развитие атомной энергетики – строительство в республике АЭС. Контакты с расширяющимся использованием радиоактивных веществ во всех отраслях народного хозяйства требуют знаний о радиационной безопасности.

В настоящее время правительство реализует государственную программу по преодолению последствий катастрофы. Важнейшими направлениями новой программы на 2011–2015 гг. являются:

- медицинская реабилитация пострадавшего населения;
- диспансерное обследование детей, укрепление материально-технической базы лечебно-профилактических учреждений, оздоровление и санаторно-курортное лечение (в рамках реализации подпрограммы «Дети Чернобыля» научно-профилактического центра «Мать и дитя»), функционирование в Гомеле Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека;
- производство нормативно-чистых продуктов питания;
- получение чистого молока в частном секторе;
- переспециализация наиболее загрязненных земель;
- комплексные мониторинговые исследования радиационно-экологического состояния почв, воды, растительного и животного мира.

В учебном пособии освещены некоторые вопросы по радиационной безопасности и экологическим проблемам:

- основные положения учений В.И. Вернадского и А.Л. Чижевского о биосфере и радиации;
- открытия А. Беккереля, В. Рентгена, Н. Бора, П. Кюри, Э. Ферми, И.В. Курчатова и др.;
- понятия об адаптации и радиации, роль антиоксидантов в организме человека;

- методы и способы возвращения земель в пострадавших регионах, организация здорового питания на загрязненных радионуклидами территориях;

- развитие атомной энергетики в Беларуси и безопасность на предприятиях ядерного топливного цикла, способы захоронения радиоактивных отходов;

- распространенность в природе ядерного топлива.

В приложении даны Законы Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» и «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС, других радиационных авариях».

Надеемся, что учебное пособие будет полезным для студентов при изучении курса «Радиационная безопасность», а также поможет минимизировать в сознании людей радиофобию и постчернобыльский синдром.

Автор

ГЛАВА 1. БИОСФЕРА И РАДИАЦИЯ

1.1. Понятие о биосфере

Биосфера — оболочка Земли, включающая нижнюю часть атмосферы, т.е. тропосферу, всю гидросферу и верхние слои литосферы.

Состав, структура и энергетика этих оболочек Земли определяется совокупной деятельностью живых организмов. Термин «биосфера» ввел в 1875 г. Э. Зюсс. Учение о биосфере как об активной оболочке Земли создано выдающимся ученым В.И. Вернадским.

В биосфере живые организмы (живое вещество) и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют, образуя целостную динамическую экосистему глобального уровня. По В.И. Вернадскому, пределы биосферы обусловлены «*полем существования жизни*». На рис. 1.1 представлена вертикальная размерность биосферы и соотношение площадей, занятых ее основными структурными единицами.

По данным ученых (Е.Н. Мешечко, 2002), поле существования жизни ограничено высотой около 6 км над уровнем моря, в пределах которой сохраняется положительная температура и могут жить хлорофиллоносные растения — *продуценты*.

Нижний предел биосферы (см. рис. 1.1) ограничивают дном океана — 10–11 км, а литосферы — до глубины 6 км. Следовательно, вертикальная протяженность биосферы в океанической области Земли достигает 17 км, в сухопутной — 12 км.

Биосфере присущи специфические особенности:

- в ней может находиться вещество в трехфазном состоянии — твердом, жидком, газообразном;
- наблюдается наиболее энергичный ход химических превращений вещества — фотосинтез и хемосинтез.

Масса живого вещества в биосфере составляет всего лишь 0,001 % массы земной коры. Однако геологический эффект его деятельности колоссален.

В.И. Вернадский называл живое вещество самым мощным геохимическим энергетическим фактором развития биосферы. Живая материя обеспечивает в ней непрерывную циркуляцию многих химических элементов. В природе их существует

более 100, при этом около 40 элементов необходимы для нормальной жизнедеятельности организмов. Они постоянно переходят из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Такая циркуляция называется *биогеохимическим циклом*, являющимся частью биологического круговорота углерода, азота, воды, фосфора, серы и др.

1.2. Биогеохимические циклы

1.2.1. Круговорот углерода

Исключительно важное значение для протекания биологических процессов на Земле имеет круговорот углерода.

Источники углерода в природе многочисленны и разнообразны. Углекислота находится либо в газообразном состоянии в атмосфере, либо в растворенном состоянии в воде, представляя собой тот источник углерода, который служит основой для переработки его в органическое вещество живых существ. Захваченная растениями углекислота в процессе фотосинтеза превращается в сахар, а другими процессами биосинтеза преобразуется в протеиды, липиды. Эти различные вещества служат углеводным питанием для животных. С другой стороны, все организмы дышат и выбрасывают в атмосферу углерод в форме углекислоты. Сапрофаги и биоредуценты разлагают и минерализуют трупы, образуя цепи питания, в конце которых углерод нередко поступает в круговорот в форме углекислоты («почвенное дыхание»).

В определенных условиях накапливающиеся мертвые растительные и животные остатки замедляют круговорот углерода: животные-сапрофаги и сапрофитические микроорганизмы, обитающие в почве, превращают накопившиеся на ее поверхности остатки в новое образование органической материи, слой коричневой или черной массы — *гумус*. Скорость воздействия разлагающих организмов — грибов, бактерий — на гумус, приводящий к окончательной минерализации углерода, различна. Иногда цепь бывает короткой и неполной. Цепь сапрофагов лишается возможности функционировать из-за недостатка воздуха или вследствие слишком высокой кислотности. Тогда органические остатки накапливаются в форме *торфа* и образуют *торфяные болота*, где круговорот углерода приостанавливается.

Скопление ископаемых органических соединений в виде каменного угля и нефти свидетельствует о стагнации круговорота в масштабах геологического времени.

В воде также происходит стагнация круговорота углерода, так как уголекислота накапливается в форме CaCO_3 (мел, известняки и кораллы) химического или биогенного происхождения.

Углерод, находящийся в почве или горных породах, может быть освобожден и в процессах человеческой деятельности: горение (отопление, промышленность), обжиг извести.

1.2.2. Круговорот азота

Круговорот азота осуществляется за счет его содержания в воздухе (80 %), который непрерывно и в разных формах поставляет азот в биосферу (рис. 1.2). В результате электрических разрядов, сопровождающих грозы, из атмосферного азота и кислорода синтезируется диоксид азота (NO_2), проникающий в почву с дождевыми водами (до 10 кг азота на 1 га/г.).

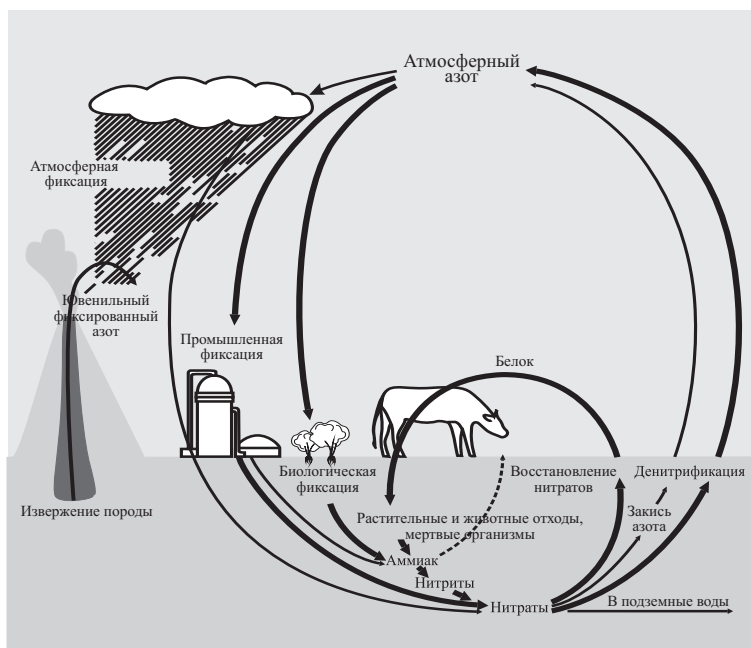


Рис. 1.2. Круговорот азота

Наибольшее количество азота поступает в экосистему в результате деятельности микроорганизмов — фиксаторов азота. Чаще всего эту функцию осуществляют бактерии, способные использовать энергию своего дыхания для прямого усвоения атмосферного азота и синтеза протеидов. Эти бактерии — аэробы или анаэробы — обогащают почву органическим азотом, который быстро минерализуется. Таким путем ежегодно создается еще около 25 кг азота /га.

Эффективны бактерии, живущие в симбиозе с бобовыми растениями в клубеньках, развивающихся на корнях растений. А в присутствии молибдена, который служит катализатором, и особой формы гемоглобина бактерии (*Rhizobium*) ассимилируют громадные количества молекулярного азота. Образующийся органический азот постоянно проникает в почву (ризосферу), которая соприкасается с корнями. Благодаря этому бобовые богаты протеидами и очень питательны для травоядных животных. Годовой запас, накапливаемый в наземных и подземных органах растений, достигает в культурах клевера и люцерны от 150 до 400 кг/га.

Другие фиксирующие атмосферный азот бактерии также живут в симбиозе с высшими растениями (помимо бобовых). К ним принадлежат бактерии, образующие в тропиках на листьях растений из семейства *Rubiaceae* маленькие черные опухоли, накапливающие азот, а также актиномицеты, которые в наших широтах создают на корнях ольхи фиксирующие азот узелки, чем объясняется присутствие в ольховниках флоры, богатой типичными нитрофилами.

В водной среде и на влажных землях непосредственно фиксацию азота из воздуха выполняют некоторые синезеленые водоросли. Эти микроорганизмы осуществляют и фотосинтез, следовательно, они наиболее «комплектны». На Востоке синезеленые водоросли играют большую роль в продуктивности рисовых полей. Азот из этих разнообразных источников поступает к корням в форме нитратов; последние абсорбируются корнями и транспортируются в листья, где используются для синтеза протеинов.

Протеины служат основой азотного питания животных, некоторых бактерий-паразитов. Трупы животных и людей наряду с выделением живых организмов представляют собой основу целой цепи питания организмов, разлагающих органическое вещество, которое постепенно переводит азот из органических в минеральные соединения.

Каждая группа биоредукторов специализируется на каком-либо одном звене этого процесса. Цепь заканчивается деятельностью аммонифицирующих организмов, образующих аммиак (NH_3), который далее может войти в цикл нитрификации: *Nitrosomonas* окисляют его в нитрат, а *Nitrobacter* окисляют нитраты в нитриты. Цикл может быть таким образом продолжен. С другой стороны, бактерии-денитрификаторы постоянно отдают азот в атмосферу: они разлагают нитраты в N_2 , который улетучивается. Однако деятельность данных бактерий не всегда так опасна; они активны лишь в почвах, которые очень богаты азотом и углеродом (в особенности удобренных навозом) и разлагают как максимум лишь 20 % общего азота (ежегодно азота улетучивается до 50–60 кг / 1 га).

1.2.3. *Круговорот воды*

Вода не только источник кислорода и водорода, но и наиболее значительная составная часть тела живых существ: в человеке она составляет в среднем 60 % массы, а в растительных организмах достигает 95 %.

Простейшую формулу — H_2O — имеет водяной пар: молекула жидкой воды состоит главным образом из объединенных двух простых молекул $(\text{H}_2\text{O})_2$. Лед — объединение трех простых молекул $(\text{H}_2\text{O})_3$. Вода — единственное вещество на Земле, существующее в природе во всех трех агрегатных состояниях: жидком, твердом, газообразном.

Гидросфера — компонент неживой материи, но с ней связана жизнь на Земле. Где есть вода, есть жизнь.

Вода — важнейшее составляющее любой живой клетки. Большинство органических соединений водорастворимы, в воде протекают биохимические реакции. Вода обладает уникальными и аномальными свойствами: теплоемкостью, вязкостью, максимальной плотностью при 4 °С, несжимаемостью, высоким коэффициентом поверхностного натяжения, плавучестью льда, растворяющей способностью, возможностью формирования щелочной, нейтральной и кислой среды.

Вызываемое солнечной энергией испарение с водных пространств создает большой круговорот воды на поверхности земного шара. Она конденсируется в форме облаков, переносимых ветром. Охлаждение облаков вызывает осадки в виде дождя и снега. Осадки поглощаются почвой или стекают по ее поверхности. Вода возвращается в реки, моря и океаны. Наибо-

лее важны те фазы круговорота воды, которые происходят в пределах экосистемы. Здесь можно выделить перехват, эвапотранспирацию, испарение и сток.

Перехват. Растительность выполняет важную экранизирующую функцию, перехватывая часть выпадающей в осадках воды до того как она достигнет почвы и испаряя ее в атмосферу. В умеренных широтах перехват может достигать 25 % общей суммы осадков. Вода, которая проникает сквозь кроны и падает в форме капель с листьев или, стекая по стеблям и стволам, достигает почвы, просачивается в нее или присовокупляется к поверхностному стоку, что порождает некоторую неравномерность в распределении воды в почве. Это может иметь немаловажное значение для мелких биоценозов, расположенных на поверхности почвы.

Эвапотранспирация. Это отдача воды в атмосферу растениями. Она включает физически испаряемую воду и воду, транспируемую биологически. Количество транспируемой воды растениями велико. Например, одна береза испаряет за день 75 л воды, липа — 20 л, 1 га леса — от 20 до 50 тыс. л, 1 га пшеницы использует за период развития 3750 т воды, что соответствует 375 мм осадков, а продуцирует 12,5 т (сухая масса) растительного вещества.

Коэффициент транспирации — это количество воды, транспируемой для создания 1 кг сухого вещества за сезон. Коэффициент велик и колеблется от 300 до 1000 в зависимости от вида растений. Например, для продуцирования 1 т (сухой массы) зерна требуется от 250 до 50 т воды, что соответствует 25–55 мм осадков.

Испарение. Величина испарения под растительным покровом намного ниже, чем на открытом воздухе, что объясняется экранизирующей ролью растений. Испарение в Европе оценивается в среднем в 1 тыс. т воды на 1 га в год.

Величина эвапотранспирации, которая представляет собой суммарное количество воды, транспируемое растениями и испаряемое почвой, для Европы в среднем равна 3–7 тыс. т на 1 га в год.

Экосистема ежегодно использует на формирование биомассы лишь около 1 % воды, выпадающей в виде осадков.

Разнообразие скоплений и движений воды в различных ее фазовых состояниях — это облака, водопады, реки, озера, заснеженный лес, ледники, морской прибой, т.е. эстетический ресурс планеты.

1.2.4. Круговорот фосфора

Фосфор участвует в биологическом и геологическом круговоротах. Он совершает круговорот в наземных экосистемах в качестве важной и необходимой составной части цитоплазмы. Биоредукторы минерализуют органические соединения фосфора отмерших организмов в фосфаты, которые вновь потребляются корнями растений (рис. 1.3).

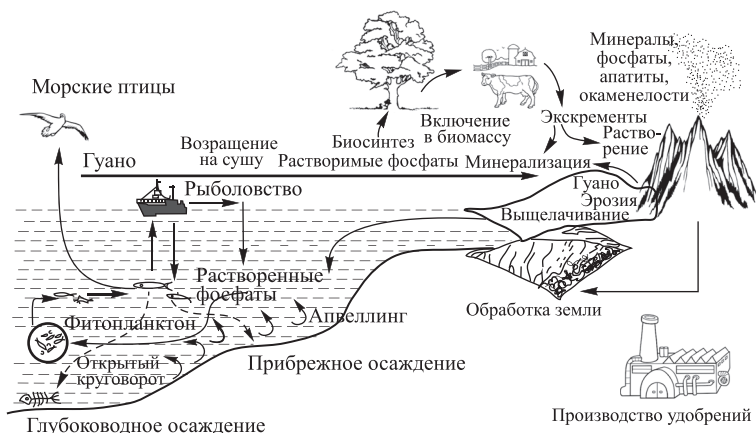


Рис. 1.3. Круговорот фосфора

Горные породы содержат огромные запасы фосфора, накопившиеся за прошлые геологические эпохи. В процессе разрушения они отдают наземные фосфаты экосистемам, однако значительные количества фосфатов оказываются вовлеченными в круговорот воды, выщелачиваются и увлекаются в море, где обогащают соленые воды, питают фитопланктон и связанные с ними пищевые цепи. Затем вместе с отмершими остатками фосфаты погружаются в океанические глубины.

Частичный возврат фосфатов на землю возможен с помощью морских птиц (имеется в виду гуано, огромные залежи которого на побережье Перу указывают на то, что некогда морские птицы играли большую роль в его накоплении, чем теперь), а также благодаря рыболовству (рыбу используют в качестве удобрения под посевы риса). Ежегодно таким путем в круговорот возвращается 60 тыс. т фосфора. Это не компенсирует расход тех 2 млн т фосфатов, кото-

рые добываются из залежей и быстро выщелачиваются при использовании в качестве удобрений. Как видно, фосфор — слабое звено в жизненной цепи, обеспечивающей существование человека.

1.2.5. Круговорот биогенных элементов

Живые организмы не могут существовать без некоторых катионов — калия, кальция, магния, натрия, относящихся к группе макроэлементов (в больших количествах, выражающихся в сотых долях сухого вещества), им необходима группа микроэлементов — железо, бор, цинк, медь, марганец, молибден и др. (в малых количествах, выражающихся в миллионных долях сухого вещества).

На суше главным источником биогенных катионов служит почва, которая получает их в процессе разрушения материнских пород, а также с атмосферными осадками. Катионы абсорбируются корнями, а затем распределяются по различным органам растений. Следовательно, они входят в корм растительных и потребителей следующих порядков в цепи питания.

В результате минерализации трупов и экскрементов биогенные катионы возвращаются в почву на уровень расположения корней.

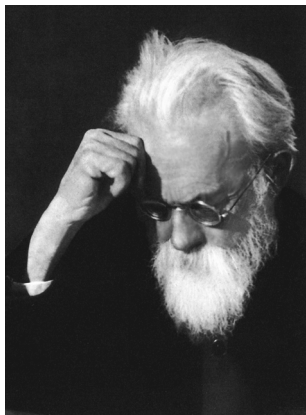
Цикл способен продолжаться непрерывно, однако в лесах может происходить временное замедление, обусловленное накоплением катионов в древесине деревьев.

В последнее время существенные коррективы в циклические движения многих элементов приносит хозяйственная деятельность человека. Например, добыча и переработка калийных солей приводит к сильнейшим локальным загрязнениям.

Каждая климатическая зона характеризуется своеобразной растительностью и животным населением. Одним из важных условий изменчивости организмов и их зонального перемещения и размещения по планете служит изменчивость химического состава среды. В этом отношении большое значение имеет учение о биогеохимических эндемиях, т.е. о содержании микро- и макроэлементов в почвах, водах, а следовательно, развитие той или иной патологии растений, животных и человека.

1.3. Учение о биосфере

1.3.1. Основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере



В.И. Вернадский
(1863–1945)

Владимир Иванович Вернадский – выдающийся русский ученый-геохимик, один из крупнейших ученых мира первой половины XX в. Основоположник учения о биосфере, изложенного в монографиях «Биосфера» (1926) и «Несколько слов о ноосфере» (1944).

Биосфера (по В.И. Вернадскому) – одна из оболочек (сфер) Земли, состав и энергетика которой в существенных своих чертах определена работой живого вещества. Биосфера включает всю ту наружную область планеты Земли, в которой не только

существует жизнь (витасфера), но которая в той или иной степени видоизменена или сформирована жизнью. Биосфера состоит из тропосферы, гидросферы, литосферы. Верхней границей биосферы является озоновый экран (слой).

По способу питания В.И. Вернадский разделил живое вещество на две группы:

- *автотрофные организмы* (от греч. autos – сам, trophe – пища), в своем питании не зависящие от других организмов, использующих неорганические вещества. К автотрофам относятся зеленые растения, которые в процессе фотосинтеза на свету образуют органическое вещество, составляющее основу биомассы живого вещества;

- *гетеротрофные организмы* (от греч. heteros – другой, trophe – пища), использующие готовые органические вещества, создаваемые другими организмами.

В.И. Вернадский впервые в истории науки показал, что в формировании современного облика планеты ведущая роль принадлежит живому веществу – растениям, животным, микроорганизмам.

Ученый доказал:

- живое вещество выступает как мощный геологический фактор, способный изменять поверхность планеты и формировать экосистемы, благоприятные для его развития;

- живое вещество обладает способностью захватывать энергию Солнца и создавать химические соединения, распад которых сопровождается выделением энергии, производящей химическую и физическую работу;

- грандиозная работа на Земле произведена молекулой хлорофилла, посредством которой при наличии солнечной энергии зеленые растения синтезируют углеводы и другие органические соединения;

- в результате разложения воды выделяется свободный кислород. Ежегодно растения производят 320 млрд т кислорода;

- живое вещество обладает способностью быстро распространяться в пространстве, занимая все пригодные для жизни участки. Скорость «растекания» жизни исключительно велика;

- в живом веществе абсолютно преобладает фитомасса, много меньше роль зоомассы и микромассы. Подавляющая часть фитомассы сосредоточена на материках, большая часть живого вещества представлена лесами (82 %). Ежегодная продукция живого вещества на Земле — 230 млрд т, из них на материках — 170 млрд т, в океане — 60 млрд т;

- живое вещество влияет на все природные процессы: выветривание пород, миграции и перемещения подвижных химических, минеральных и органических продуктов, включающих многочисленные энергетические и геохимические функции, которые присущи только живым организмам и их биогеохимической деятельности;

- движение живых организмов путем размножения идет в биосфере непрерывно и длится миллиарды лет. Оно сопровождается огромной геологической работой, являясь формой проникновения энергии солнечного луча на нашу планету и ее распределения по земной поверхности.

В.И. Вернадским был создан закон биогенной миграции атомов: *«миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере, в целом осуществляемая при непосредственном участии живого вещества, — биогенная миграция».*

Ученый выделил семь основных компонентов, которые составляют биосферу.

1. *Живое вещество* — растительный и животный мир, микроорганизмы.

2. *Биогенное вещество* — осадочные породы органического происхождения (каменный уголь, отложения мела, сапропели).

3. *Косное вещество* — горные породы, в основном магматического неорганического происхождения, которые составляют земную кору.

4. *Биокосное вещество* — вещество, возникающее в результате распада и переработки горных пород живыми организмами под влиянием воздуха, воды. Примером биокосного вещества является образование почвы.

5. *Радиоактивные вещества* — вещества, поступающие в биосферу в результате естественных ядерных преобразований, при извержении вулканов.

6. *Рассеянные атомы* — атомы, не связанные в химические соединения. При благоприятных условиях они включаются в те или иные химические процессы, образуя новые соединения.

7. *Вещества космического происхождения* — космическая пыль и метеориты, которые оказывают влияние на газовый, ионный и аэрозольный состав верхней атмосферы, а также на прохождение солнечных лучей к земной поверхности.

Во взаимодействии живого и косного веществ В.И. Вернадский обнаружил биогеохимические принципы:

- геохимическая биогенная энергия стремится в биосфере к максимальному проявлению;

- при эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию;

- живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с космической средой, его окружающей.

Ученый высказал мысль, что для живых организмов характерна *концентрационная функция* — накопление отдельных элементов в своих телах. Растения и животные являются индикаторами внешней среды. Концентрация химических элементов в организмах связана с физиологическими потребностями последних, например образование скелетов и органических соединений, избирательно накапливаемый морскими водорослями (ламинариями) йод, астрагалами — селен, бобовыми — молибден и др. В водорослях концентрация йода в тысячу превышает его содержание в воде.

Ряд растений и животных накапливают радиоактивные вещества, например некоторые *грибы* (маховик, масленок, поддубник), *бобовые* (горох, фасоль), *ягоды* (клюква, дикая малина), *крупный рогатый скот, овцы* и др.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Биосфера и радиация	5
1.1. Понятие о биосфере	5
1.2. Биогеохимические циклы	7
1.2.1. Круговорот углерода	7
1.2.2. Круговорот азота	8
1.2.3. Круговорот воды	10
1.2.4. Круговорот фосфора	12
1.2.5. Круговорот биогенных элементов	13
1.3. Учение о биосфере	14
1.3.1. Основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере ...	14
1.3.2. Основные положения учения А.Л. Чижевского о влиянии солнечной активности и космической радиации на жизнь в биосфере	18
1.4. Антропогенное влияние на биосферу	21
1.4.1. Автотрофность человечества	21
1.4.2. Основные принципы естественного устройства биосферы	22
1.4.3. Понятие об экологическом кризисе и его структуре	23
1.4.4. Периоды, формы, виды и причины воздействия человека на биосферу	24
1.5. Источники ионизирующей радиации	30
1.5.1. Источники внешнего облучения населения	30
1.5.2. Источники внутреннего облучения населения	31
Глава 2. Элементы ядерной физики	31
2.1. Краткая история создания атомистического учения	31
2.2. Строение атома и атомного ядра	32
2.3. Изотопы	34
2.4. Радиоактивность	35
2.5. Характеристика ионизирующих излучений	36
2.6. Закон радиоактивного распада и период полураспада	39
2.7. Деление ядер	40
2.8. Единицы радиоактивности	42
2.9. Дозы облучения	43
2.9.1. Излучения и ионизация	43
2.9.2. Понятие о радиационном эффекте и дозах облучения	44
2.9.3. Экспозиционная доза и ее мощность	45
2.9.4. Поглощенная доза и ее мощность	46
2.9.5. Эквивалентная доза и ее мощность	47
2.9.6. Эффективная эквивалентная доза	48
2.9.7. Ожидаемая доза	49
2.9.8. Коллективные дозы	50
Глава 3. Естественные источники радиации	51
3.1. Естественная радиация	51
3.2. Биосферная радиация	52
3.2.1. Радиоактивные элементы земных пород	52
3.2.2. Строительные материалы	54
3.2.3. Радон – промежуточный радиоизотоп в рядах урана и тория ...	55

3.2.4. Зависимость уровня земной радиации от вида почв и климатических факторов	57
3.3. Космическая радиация	58
3.3.1. Галактическая радиация	58
3.3.2. Радиационные пояса Земли	59
3.3.3. Солнечная радиация	59
3.4. Доза облучения естественным (природным) радиационным фоном	62
3.4.1. Доза облучения естественным фоном	62
3.4.2. Дополнительные источники неаварийного облучения населения	64
3.4.3. Облучение населения искусственными источниками радиации	65
Глава 4. Действие ионизирующих излучений на организм человека	66
4.1. Общие понятия о биологическом действии ионизирующего излучения на организм	66
4.2. Особенности биологического действия ионизирующего излучения	73
4.3. Детерминированные эффекты ионизирующей радиации	75
4.3.1. Острая лучевая болезнь	76
4.3.2. Хроническая лучевая болезнь	79
4.4. Отдаленные стохастические эффекты ионизирующей радиации	79
4.4.1. Поздние соматические поражения	80
4.4.2. Генетические последствия	81
4.5. Адаптация и радиация	81
Глава 5. Дозиметрические и радиометрические приборы. Гигиенические аспекты радиационной безопасности	86
5.1. Методы индикации дозиметрическими и радиометрическими приборами	86
5.2. Устройство дозиметрических и радиометрических приборов	88
5.3. Гигиенические аспекты радиационной безопасности	93
5.3.1. Категории облучаемых лиц и пределы доз облучения	95
5.3.2. Некоторые положения Основных санитарных правил радиационной безопасности (ОСП-2002)	97
5.3.3. Классы работ с открытыми источниками ионизирующих излучений	98
Глава 6. Крупнейшая техногенная катастрофа на ЧАЭС и ее последствия	100
6.1. Причины катастрофы	100
6.2. Радиоактивные осадки и уровни загрязненности поверхности Земли	102
6.3. Радиоактивное загрязнение территории Беларуси в результате катастрофы	105
6.4. Трансурановые элементы (плутоний-239, америций-241)	108
6.5. Зоны загрязнения территорий цезием-137, стронцием-90	108
6.6. Последствия катастрофы для Беларуси	109
6.6.1. Социально-экономические последствия	110
6.6.2. Медицинские последствия	111
6.6.3. Современная политика, связанная с чернобыльскими событиями	112
Глава 7. Основные положения радиационной безопасности населения, проживающего на загрязненной радионуклидами территории	113
7.1. Радионуклиды чернобыльского выброса в биосфере	113
7.2. Классификация грибов, диких животных и рыб по способности накапливать радионуклиды	115
7.3. Меры по снижению уровня внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами	116

7.4. Меры по снижению поступления радионуклидов в растения и организмы животных и человека	117
7.5. Уменьшение содержания радионуклидов в продуктах питания путем технической и кулинарной обработки	119
7.6. Допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах	121
7.7. Особенности питания населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами	123
7.8. Основы здорового питания	127
7.8.1. Пища — источник питательных веществ и энергии	127
7.8.2. Требования, предъявляемые к пище при рациональном питании	128
7.8.3. Сбалансированное питание	129
7.8.4. Культура приема пищи	132

Глава 8. Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС на 2006—2010 гг. и результаты ее выполнения

8.1. Цель и задачи программы	134
8.2. Медицинское обеспечение пострадавших от катастрофы	134
8.3. Радиационная и социально-экологическая защита населенных пунктов	135
8.4. Социально-психологическая реабилитация населения, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС и от других радиационных аварий	135
8.5. Научное и информационное обеспечение Государственной программы	136
8.6. Подготовка и переподготовка кадров, организация международного сотрудничества	136
8.7. Возрождение земли в пострадавших от чернобыльской катастрофы регионах	137

Глава 9. Радиационная безопасность атомной энергетики

9.1. Ядерное топливо и его распространенность в природе	140
9.1.1. Краткая история открытия некоторых радиоактивных элементов	142
9.1.2. Пути развития цепной реакции	145
9.1.3. Сооружение первого в мире ядерного реактора	146
9.1.4. Создание атомной бомбы и ее испытание	147
9.1.5. Начало развития атомной энергетики	147
9.2. Радиационная безопасность предприятий ядерного топливного цикла	148
9.2.1. Радиационные отходы ядерного топливного цикла	150
9.2.2. Радиационная безопасность АЭС в режиме эксплуатации	151
9.2.3. Радиационная безопасность радиохимических заводов	153
9.2.4. Тепловые сбросы АЭС	153
9.2.5. Ядерные реакторы	155
9.2.6. Способы захоронения радиоактивных отходов	158

Глава 10. Развитие атомной энергетики в мире и ее экологические проблемы

10.1. Сравнительная оценка различных источников энергии	161
10.2. Ядерная энергия — уникальный источник производства электроэнергии	162
10.3. Развитие ядерной энергетики в разных странах мира	163
10.4. Перспективы развития атомной энергетики в Беларуси	164
10.4.1. Условия строительства АЭС	165
10.4.2. Выбор проекта ядерного реактора и правовая база технологии строительства	166
10.5. Экологические проблемы энергетики	168
10.5.1. Экологические проблемы гидроэнергетики	170
10.5.2. Экологические проблемы теплоэнергетики	171

10.5.3. Экологические проблемы ядерной энергетики	173
10.5.4. Возможное воздействие АЭС на окружающую среду и организм человека	175
Приложение № 1. Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения»	176
Приложение № 2. Закон Республики Беларусь «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий»	196
Литература	219

Учебное издание

Мархоцкий Ян Людвилович

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Учебное пособие

2-е издание, стереотипное

Редактор *А.В. Новикова*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *С.В. Шнейдер*

Подписано в печать 19.02.2014. Формат 84×108/32. Бумага офсетная. Гарнитура
«Таймс». Офсетная печать. Усл. печ. л. 11,76. Уч.-изд. л. 12,48. Тираж 1200 экз.
Заказ

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Красная звезда».
ЛП № 02330/0552716 от 03.04.2009. 1-й Загородный пер., 3, 220073, Минск.