

Виктор Бабушкин



ЭКОЛОГИЯ  
НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ

16+

# Виктор Евгеньевич Бабушкин

## Экология на рубеже веков

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=42148965](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=42148965)*

*SelfPub; 2019*

### **Аннотация**

Эту монографию рекомендуется использовать как пособие к курсам экологии. Она будет полезна и интересна преподавателям, студентам и учащимся. В этой работе впервые соединены воедино практически все основные разделы экологии, приводятся конкретные примеры вредного воздействия антропогенных факторов на человека и окружающую природную среду как на всей планете Земля, так и в России, регионах Сибири, Алтайском крае, Республики Алтай и г. Бийске. Даются советы, как защититься от вредных воздействий, делается прогноз о том, что ждёт человечество в XXI веке.

# Содержание

Предисловие	4
Задуматься на рубеже веков	6
Введение	9
1. Влияние электромагнитных излучений на здоровье человека	16
1.1. Единицы, нормативы и приборы для измерения электромагнитных излучений	22
2. Радиационная экология	26
2.1. Радиоактивность, радиоизотопы, радионуклиды	33
2.2. Радиоактивное излучение	40
2.3. Единицы, приборы измерения радиоактивности и дозы ионизирующего излучения	43
Конец ознакомительного фрагмента.	47

# Предисловие

Добрый день, дорогие читатели! Сегодня я хотел бы рассказать вам, как мне пришла в голову идея написания книги по экологическим проблемам. Когда я учился в Томском политехническом институте, мне преподаватель по буровому делу порекомендовал использовать «Справочник бурового мастера», он сказал, что в этом справочнике удачно сочетается значительный объем информации с небольшим количеством страниц. В нём можно найти практически всю информацию, нужную для написания курсового проекта по бурению. И действительно, справочник оказался на редкость информативным.

Свою книгу «Экология на рубеже веков» я написал в этом же стиле. В ней кратко изложены практически все разделы экологии. Рекомендую её как пособие к курсам экологии.

Когда я начал работать над книгой в 1997 году, экологию преподавали не во всех вузах и школах. Не было учебников по экологии. Необходимость написания такого пособия в это время приобрела актуальность. В 2005 году книга была издана.

Первый экземпляр я подарил моему другу, коллеге Александру Адаму, доктору, профессору, экологу Томского государственного университета. Как-то я приехал в Томск, встретился с Александром. Он сказал: «Пойдём зайдём ко

мне в кабинет, там твоя книга в моём книжном шкафу стоит лицевой стороной к смотрящему». Мы поднялись в кабинет, и правда, моя книга «Экология на рубеже веков» стояла у него в книжном шкафу обложкой к смотрящему. Я спросил: «Почему?» Он ответил: «Твоя книга написана кратко, в ней содержится гораздо больше информации, чем в десяти книгах, стоящих рядом корешком наружу».

Наука не стоит на месте, со временем меняются нормы, концепции. Чтобы идти в ногу со временем, Александр Адам посоветовал мне обновлять данные каждые пять лет. Что я и делаю, монография переиздавалась в 2010, 2015 годах.

Я понял, что моё произведение важно и пригодится студентам, преподавателям, всем тем, кого интересует состояние окружающей среды в нашем загрязнённом техногенными отходами и выбросами мире.

# Задуматься на рубеже веков

Я прочитала её недавно, хотя книга В. Е. Бабушкина «Экология на рубеже веков» вышла в свет под эгидой Всероссийского общества охраны природы в 2005 году. За истекший период книга не утратила актуальности, наоборот...

Поражает обширный круг проблем, высвеченных автором скрупулёзно, подробно, с глубоким профессиональным подходом. Приведены интересные факты, статистические данные о последствиях научно-технического прогресса, испытаний космической техники, промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека; о современном состоянии природной среды, начиная с качества воздуха и воды. Приведу несколько цитат.

«В 89 городах России уровень загрязнения воздуха превышает предельно допустимую норму в 10 и более раз. В первую десятку входят: Дзержинск, Новокузнецк, Магнитогорск, Шелехов, Братск, Архангельск, Волгоград, Москва, Череповец, Иркутск. Индекс загрязнения атмосферы в них достигает 14 единиц».

Значит, можно порадоваться, что население Бийска и ближайших сельских районов дышит более-менее чистым воздухом.

«Растительность в устьях рек, по берегам озёр и водохранилищ – «зелёный» щит живой воды... Так заросли тростни-

ка обладают уникальным свойством – разрушают нефтяное загрязнение, “обезвреживают” фенолы и ядохимикаты, особенно пестициды, и даже очищают воду от тяжёлых металлов. Разнообразная водная растительность важна для сдерживания роста сине-зелёных водорослей».

Немногие люди, особенно молодёжь, знают о шумовом загрязнении жизненного пространства и его губительном влиянии на здоровье человека. Шум различается по происхождению: транспортный, бытовой, производственный и даже музыкальный, вернее, ритмическая музыка. Да, да! Судите сами.

«Длительное воздействие шума, особенно ритмического, вызывает «опьянение» (возбуждённое состояние), а затем разрушение слухового аппарата... Шум считают физическим наркотиком, так как звуковое опьянение по субъективным ощущениям аналогично алкогольному опьянению и одурманиванию наркотиками. В этом кроется «секрет» популярности современной шумовой музыки, сходной по ритмическому строю с возбуждающей музыкой дикарей».

Продолжительное воздействие этой музыки может вызвать гипертоническую, язвенную болезни, повышает агрессивность поведения человека вплоть до деструктивных актов.

Автор подчёркивает, что женщины менее устойчивы к шуму, результатом которого может стать неврастения. Интенсивное и длительное воздействие шума пагубно влияет

на здоровье детей, тормозит развитие музыкальных способностей, ослабляет нервную систему.

Несколько глав книги В. Е. Бабушкин посвятил влиянию деятельности человека на окружающую среду его обитания. Психология безудержного потребительства, промышленные выбросы привели к таким печальным фактам мирового масштаба: обезрыбленные водоёмы, донный сероводород, поднимающийся с глубин Чёрного моря, кислотные дожди, озоновые дыры, нефтяные разливы в реках, морях и океанах. Вырубка алтайского кедра, залповые ночные выбросы неочищенных промышленных стоков в Бию, Алей и Обь дополняют эту удручающую картину.

Не ставлю перед собой задачу пересказать всю книгу. Думаю, её обязательно должен прочесть каждый человек разумный. Ибо пора не только задуматься над тем, что мы натворили на своей маленькой планете. Пришла пора исправлять ошибки, очищать среду обитания, просвещать молодое поколение и воспитывать новое экологическое сознание, начиная с собственной личности.

*Любовь КАЗАРЦЕВА, руководитель литобъединения  
«Аспект», Наукоград Бийск*

# Введение

*Посвящается моему отцу Бабушкину Евгению Николаевичу*

*Рак – это самая коварная и безжалостная болезнь XX–XXI вв.*

*Всё прекрасное на Земле воплощаю!  
Радость и счастье уже воскрешаю,  
Природу родную очень люблю  
И потому благое творю!  
И вас призываю сажать деревца!  
С мыслями светлыми – словно роса!  
В парк иль лесок вы придите,  
Яблоньку иль кедр посадите!  
Воспрянет природа от праведных дел!  
А зло и ненастье пусть не у дел  
Останутся в своём безразличье,  
Плохом и постыдном двуличье*

*Любомила Рауд,  
10.07.2014, Артёмовск*

Слово «экология» происходит от двух греческих слов: «ойкос» – дом, жилище или место обитания и «логос» – наука, или «эко» – по-гречески означает «собственный», «логия» – изучение. То есть экология – это изучение собственного дома. Чтобы жить в доме, нужно, во-первых, знать его, во-вторых, знать, как себя вести в нём. Термин «экология»

был введён в научную литературу немецким естествоиспытателем Э. Геккелем в 1866 г. По [65] экология – наука об отношениях организмов и окружающей среды с учётом всех условий существования в широком смысле слова, включающих частично как органическую, так и неорганическую природу.

В дальнейшем учёные стали трактовать экологию как науку об условиях существования живых организмов и о взаимосвязи между организмами и средой их обитания. В настоящее время единого, признанного всеми учёными как в нашей стране, так и за рубежом определения термина «экология» нет.

Известный учёный эколог США Е. Одум [35] считает, что как самостоятельная наука экология сформировалась приблизительно к 1900 г., но лишь в последнее десятилетие этот термин приобрёл особую популярность. В наши дни каждый остро осознает важность наук о среде для поддержания и повышения уровня современной цивилизации. Возникла она около ста лет назад, но первоначально была учением о взаимосвязи организма и среды; на наших глазах она трансформировалась в науку о структуре природы, о том, как работает живой покров Земли в его целостности. В последние годы экология становится основой поведения индустриального общества в природе.

Некоторые специалисты определяют экологию как область знаний, научную отрасль или биологическую дисци-

плину.

До сих пор не выработана единая классификация разделов, входящих в экологическую науку. Ряд специалистов к основным разделам экологии относят общую экологию, исследующую основные принципы организации и функционирования различных надорганизменных систем, и частную экологию, сфера которой ограничена изучением конкретных групп определённого таксономического ранга – экологию растений, насекомых, микроорганизмов, позвоночных (по Е. Одуму). Однако относить экологию человека к одной из экологических ветвей неправомерно, так как основой взаимодействий человека и природы выступают законы социально-экономического и политического характера. По мнению некоторых учёных, деление экологии на общую и частную должно основываться на другом принципе. Общая экология занимается исследованиями экологической системы как объекта, а предмет изучения частной экологии – подразделения экосистем (например, наземные и водные; водные – морские и пресноводные и т. п.).

В научной литературе встречается и деление экологии на аутоэкологию, исследующую взаимоотношения отдельных видов со средой (главным образом абиотическими факторами), и синэкологию, изучающую сообщества и биогеоценозы.

В литературе зарубежных стран и нашей страны появилось много терминов, связанных со словом «экология», на-

пример, экология эволюционная, глобальная экология, региональная и др.

Общая экология как наука интегральная базируется на данных общественных, естественных и технических вопросов охраны природы, отражающих основные черты проблемы взаимодействия общества и природы в эпоху научно-технического прогресса.

Теоретическая основа экологии – учение о всеобщей взаимосвязи и взаимообусловленности в природе. Целенаправленная хозяйственная деятельность людей невозможна без учёта взаимосвязей в природных системах и комплексах, поэтому экология в какой-то мере предопределяет поведение человека и общества в целом в природе.

За миллионы лет своего существования на планете Земля человек постоянно наносил вред природе, найдены различные следы его антропогенной деятельности.

К антропогенным факторам относится не только современная деятельность человека, но и его деятельность в прошлом. По вполне понятным причинам масштабы такого влияния в прошлом несравнимо меньше, чем современного человека, тем не менее и они оставили свои следы в виде надмогильных холмов из крупновалунного материала по долине Катуня в горах и из рыхлых осадков в предгорьях, а также в виде культурных слоёв в карстовых пещерах. Формирование культурного слоя приводило к определённым изменениям топографии, морфологии и даже геологии подземной

полости. Но влияние человека на карст в ранние эпохи развития человеческого общества носило крайне ограниченный характер [Маринин, 1987]. В одной из пещер, расположенной в долине руч. В. Еланда к юго-востоку от г. Горно-Алтайска, в многослойной толще осадков найдены культурные останки, отражающие этапы обитания в ней людей эпохи палеолита, неолита, бронзы и раннего железного века. Это были охотники на крупных зверей и птиц. Люди эпохи бронзы и железа производили в пещере выплавку металла, а значит, вели добычу руды, преобразуя при этом ландшафт [18].

Изменение ландшафтов – превращение лесистых местностей в безлесные пространства, увеличение распаханых земель – отразилось на особенностях карстовых процессов и связанных с ними поверхностных и подземных формах. В последние годы некоторые карстовые полости были подвергнуты частичному или полному уничтожению.

С изобретением каменных наконечников для копий началось массовое истребление крупных животных: мамонтов, гигантских оленей, пещерных медведей и др. За время существования человека были истреблены многие виды животных: туры, бизоны и др.

XX век резко изменил соотношение человека – природы не в пользу природы, но и сам человек остался не в выигрыше. Миллионы лет это соотношение было более или менее равновесным. В XX столетии появились термины «экологическая катастрофа», «озоновые дыры», «парниковый эф-

фект», «радиоактивное загрязнение» и т. д. Немаловажную роль сыграла в этом и Россия. С 1917 года мир разделился на две враждующие половины, началась гонка вооружений, произошёл резкий скачок в развитии, человек вышел в космос.

Сегодня наметились предпосылки к сближению 2 враждовавших половин. Есть тенденция к замедлению технического развития или к всестороннему обсуждению и взвешиванию шагов индустриализации.

В XXI веке экология станет наиболее важной и актуальной наукой. В данном учебном пособии автор не ставил цель подробно осветить каждый раздел этой науки, да это и невозможно. Каждый день появляются новые её разделы, которые требуют специфических исследований и соответствующих знаний.

Это учебное пособие предназначено для студентов, преподавателей, специалистов-экологов и гигиенистов. Оно будет интересно любому человеку, который задумается о том, как и где живёт, чем дышит, что употребляет в пищу, что происходит вокруг него, в среде его обитания.

Хозяйственная деятельность человека немыслима без её воздействия на объекты окружающей среды. Развитие химической и других отраслей промышленности, широкое использование минерального сырья, расширение различных видов транспорта, особенно автомобильного, сопровождаются поступлением в окружающую среду больших количеств

различных химических веществ и соединений. А это значит, что в природе имеются предпосылки к возникновению негативных изменений жизнедеятельности биосферы, изменения климата, снижения урожайности сельскохозяйственных культур, ухудшения здоровья населения и других негативных явлений.

Интенсивное загрязнение природной среды (воздуха, воды, почвы) в мировом масштабе, резко возросшая химическая нагрузка на биосферу за последние 30–40 лет привели к исчезновению многих видов животных и растений; кислотные дожди вызвали закисление почвы, изменение баланса питательных веществ в почве лесов и их гибель, сокращение рыбных запасов.

# 1. Влияние электромагнитных излучений на здоровье человека

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ (ЭИ) – это электромагнитные волны, испускаемые ускоренно движущимися электрическими зарядами, возбуждёнными атомами и молекулами, другими излучающими системами [48].

ЭИ в зависимости от свойств излучения условно делятся на радиоволны (от нескольких км до 250 мкм), инфракрасное (ИК) излучение (от 250 мкм до 760 нм), видимое световое излучение (760–400 нм), ультрафиолетовое (УФ) излучение (400–10 нм), рентгеновское излучение (10–0,03 нм), гамма-излучение (<0,03 нм).

ЭИ обладают волновыми и корпускулярными свойствами. Волновые свойства характеризуются длиной волны и частотой колебаний поля. Длина волны ЭИ измеряется в метрах или единицах, производных от метра (нм, мм, см, дм, км). Частота колебаний – в герцах (Гц) или величинах, производных от него, – килогерцах (КГц), мегагерцах (МГц) и т. д.; один герц равен одному колебанию в секунду.

Скорость распространения ЭИ в воздухе примерно равна 300 000 км/сек. Корпускулярные свойства ЭИ определяются способностью вещества (атомов, молекул) излучать (или поглощать) энергию в виде отдельных элементарных порций –

квантов (фотонов). Чем больше длина волны, тем меньшей энергией обладает квант ЭИ.

Эффект взаимодействия ЭИ с веществом вообще и с биологическими объектами в частности определяется, с одной стороны, длиной волны и энергией квантов ЭИ, временем и мощностью облучения, с другой – свойствами самой ткани (её морфологией, функциональным состоянием и т. д.).

При постоянном воздействии ЭИ малой интенсивности человек чувствует себя уставшим, снижается его работоспособность, появляется необоснованная раздражительность, периодические головные боли, нарушается сон, нередко жалобы на потливость, ослабление памяти, боли в области сердца, одышку. В этом случае надо сразу же обратиться к врачу. При большой интенсивности сверхвысокочастотных излучений возможно учащение пульса, повышение артериального давления и более серьёзные нарушения.

Безопасность работ с источниками радиоволн, когда уровни их излучения гораздо выше допустимых норм или не известны (при разработке или испытании новых моделей аппаратуры), обеспечивается с помощью специальных методов и средств защиты и контроля (за рабочими, постоянно имеющими дело с ЭИ, осуществляется медицинское наблюдение, осмотры). При приёме на работу, связанную с ЭИ, обязательен профессиональный отбор. Установлены минимальные нормы допустимого облучения, гарантирующие полную безопасность при работе с ЭИ.

ИК-излучение, видимое световое излучение (свет) и УФ-излучение составляют оптический диапазон ЭИ. Видимое световое излучение включает часть спектра ИК– и УФ-излучений. Биологическое действие волн этого диапазона весьма многообразно. Свет необходим для роста и жизнедеятельности растений, микроорганизмов, животных, человека. Он оказывает специфическое воздействие на глаза.

Чрезмерное действие ИК– и УФ-излучения способно вызвать перегревание организма и ожог кожи. УФ-излучение оказывает бактерицидное действие, что используется в медицине при стерилизации инструментов, помещений и т. д.; широко применяется ИК– и УФ-излучение в лечебно-профилактических целях.

Рентгеновское и гамма-излучение являются ионизирующими излучениями. Поскольку их волны по своей величине сравнимы с размером атомов, а энергия квантов достаточно велика (десятки килоэлектронвольт и более), они обладают высокой проникающей способностью, могут, взаимодействуя с веществом, вызывать его ионизацию и образование активных химических продуктов, что может привести к развитию патологических изменений.

Сегодня разработаны точные приборы, которые позволяют измерять непосредственно в вашем доме, на вашем рабочем месте наличие радиоактивности, содержание радиоактивного газа радона, низко– и высокочастотных электромагнитных излучений и т. д.

Проведение этих измерений позволит вам правильно расположить в вашем доме спальные места и места отдыха в безопасных зонах с наименьшей радиоактивностью и без электромагнитных полей.

Электромагнитные поля окружают электропроводку, лампы дневного света, телевизоры, компьютеры, печи СВЧ, радиотелефоны и другую бытовую и промышленную аппаратуру и приборы.

В настоящее время есть возможность, проведя соответствующие измерения на вашем рабочем месте, правильно и наиболее безопасно для вас расположить компьютеры и другую аппаратуру.

Головная боль, усталость глаз, быстрая утомляемость – характерные симптомы общения с низкочастотной электроникой. Слабые по мощности электромагнитные поля неблагоприятно влияют на детородную функцию организма, провоцируют онкологические заболевания, вызывают прерывание беременности на ранних стадиях, нарушают генный аппарат. В следующих поколениях возможно появление мутантов.

Исследования бытовой электроники, проведённые Бийским ГЦСЭН, показали, что у компьютеров, телевизоров, радиоприемников, магнитол, магнитофонов, ламп дневного света, пылесосов и др. на расстоянии от них 0,3 м до 3 м и более (микроволновые печи до 8 м), в зависимости от типа (марки) бытовой и промышленной аппаратуры, величина

на магнитной индукции превышает предельно-допустимую норму [11].

Госсанэпидемнадзор г. Казани обследовал компьютерные классы в 20 школах, большинство компьютеров не отвечали медицинским стандартам и представляли собой источники повышенных доз электромагнитного излучения. Эти компьютеры были изъяты из школ.

Об отрицательном влиянии электромагнитных полей высоких и сверхвысоких частот на здоровье населения имеется достаточно данных и разработана нормативно-техническая документация. К низкочастотным излучателям электромагнитных полей относятся линии высоковольтных электропередач (ЛЭП), бытовые приборы (компьютеры, приёмно-передающие устройства и т. п.). В мировой практике и отечественной литературе имеются данные о том, что ЛЭП, игровые автоматы, микроволновые печи, мобильные телефоны являются источниками ЭИ.

Известно также о неблагоприятном влиянии слабых по мощности электромагнитных полей на детородную функцию организма и онкологические заболевания. Особую озабоченность в части влияния электромагнитного излучения на здоровье человека оказывает интенсивная компьютеризация и бытовые приборы, излучающие электромагнитные поля. В мировой практике имеются сведения о влиянии низкочастотных и слабых по мощности магнитных излучений на прерывание беременности на ранних стадиях и нарушений

генного аппарата. Это имеет место в Алтайском крае, однако данное влияние требует углубленного изучения специалистов.

Необходимо проведение широкой разъяснительной работы среди населения о возможном влиянии низкочастотных слабых по мощности электромагнитных полей на детородную функцию уже на ранних стадиях беременности, нарушениях иммунной системы, особенно в детском возрасте, а также онкологических заболеваниях.

# **1.1. Единицы, нормативы и приборы для измерения электромагнитных излучений**

Основными показателями, характеризующими ЭМ, являются: напряжённость электромагнитного поля  $E$ , измеряется в вольтах на метр (В/м), и магнитная индукция  $B$ , она измеряется в теслах (Тл) и амперах на метр (А/м).

Величина магнитной индукции не должна превышать 250 нТл на расстоянии 50 см от видеодисплейного терминала.

СанПиН 2.2,2.542–96 – Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрических полей промышленной частоты (50 Гц), установленные ГОСТ 12.1.002–84, и СанПиН 2971–84 представлены в табл.1.1.

Таблица 1.1

Предельно допустимые уровни (ПДУ)

Место, территория	Напряженность, Е,кВ/м
Внутри жилых зданий	0.5
На территории зоны жилой застройки	1
В населенной местности вне зоны жилой застройки	5
На участке пересечения высоковольтных линий с автодорогами I-IV категории	10
В ненаселенной местности, доступной для транспорта	15
В труднодоступной местности	20

Примечание: Напряженность (Е) электрического поля определяется на высоте 2,0 м от уровня земли (пола). [32].

Согласно действующим нормам проектирования границы санитарно-защитных зон(СЗЗ) вдоль высоковольтных ЛЭП устанавливаются по величине Е, которая не должна превышать 1 кВ/м, и отстоят по обе стороны от проекции крайних фазовых проводов на землю на расстоянии:

– 10 м для линий напряжением 20 кВ;

- 15 м – 35 кВ;
- 20 м – 110кВ;
- 25 м – 150–220 кВ;
- 30 м – 330–500 кВ;
- 40 м – 750 кВ;
- 55 м – 1150 кВ.

В СЗЗ запрещено строительство жилых и общественных зданий, отвод земельных участков (включая садовые) для постоянного пребывания населения. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) переменных магнитных полей (МП) частотой 50 Гц при производстве работ под напряжением на возводимых ЛЭП 220–1150 кВ определены письмом № 3206–85 Минздрава СССР, интенсивность МП оценивается по величине магнитной индукции в теслах (ОБУВ 4.0–6.5 мТ) или по амплитудному значению напряжённости в амперах на метр (ИМП 800 А/м; ОБУВ 3.2–5.2 кА/м).

Допустимая напряжённость электростатического поля, создаваемого высоковольтными установками постоянного тока, установлена Санитарно-гигиеническими нормами № 1757–77 и составляет 60 кВ/м максимально (при кратковременном воздействии на человека). Воздействие электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами, оценивается по ГОСТ 12.1.006–84 и Санитарным нормам СН № 2963–84, № 4131–86 и № 4262–87. Нормируются показатели: напряжённость электрического поля  $E$ , энер-

гетическая нагрузка  $E^2T$ , поверхностная плотность потока энергии. ПДУ для населения составляет для диапазона частот, МГц:

– 0,06–3 Е – 600 В/м;  $E^2T$  28800 (В/м)<sup>2</sup>ч;

– 3–30 Е – 300 В/м;  $E^2T$  7200 (В/м)<sup>2</sup>ч;

– 30–300 Е – 5–2,5 В/м;

– 300–3000–10 мкВт/см<sup>2</sup> (поверхностная плотность потока энергии).

Основными приборами для измерения ЭМИ являются «В&Еметр» (Россия), NFM-1 (Германия), измеряют в низкочастотных и высокочастотных диапазонах, WKDA 02.705 (Германия) измеряет в низкочастотных диапазонах.

## 2. Радиационная экология

В последние десятилетия в результате человеческой деятельности происходит постоянное перераспределение естественных радионуклидов в окружающей среде (добыча и переработка полезных ископаемых, производство и использование строительных материалов, обращение с технологическими отходами промышленности). Кроме того, появилось несколько сотен новых отсутствующих в природе радионуклидов за счёт ядерных реакций, осуществляемых человеком.

Искусственные радионуклиды стали неотъемлемой частью биосферы, халатное отношение к их использованию и хранению приводит зачастую к катастрофическим последствиям, радиационному облучению населения.

Таким образом, жизнь на Земле сегодня существует и развивается под воздействием технологически изменённого радиационного фона.

Основным источником естественного облучения человека является космос и сама Земля, на которой мы живём, так как в горных породах содержатся многие естественные радионуклиды: калий-40, уран, торий, радий и многие другие. Уровень земной радиации неодинаков для разных мест земного шара и зависит от концентрации радионуклидов в том или ином участке земной коры.

Человек, являясь частью окружающего его мира, с рожде-

ния начинен естественными радиоактивными веществами. Существенный вклад в дозу внутреннего облучения вносят поступающие с пищей радионуклиды уранового и ториевого ряда, а также калий-40. В целом за счёт поступления естественных радионуклидов в организм с продуктами питания и обусловленного ими внутреннего облучения человек получает дозу облучения, соразмерную с фоновой.

Сравнительно недавно учёные установили, что представленные выше три источника естественной радиации вместе взятые оказались по дозе облучения человека меньше одного, четвёртого источника природного происхождения. Им оказался невидимый, не имеющий вкуса и запаха, сравнительно тяжёлый газ радон и продукты его распада. Более половины дозы облучения человек получает от радона и продуктов его распада.

Давно известно, что «Земля дышит радоном». Он выделяется из почвы и растворяется в гигантских объёмах околоземного воздуха, незначительно влияет в этих условиях на облучение человека. Но если над радоновыделяющей поверхностью построен дом, то газ может через щели в подвальных перекрытиях и другие отверстия дома проникать внутрь его и накапливаться там в весьма больших количествах.

Вдыхая резко обогащённый радоном и продуктами его распада воздух, человек облучает органы дыхания, лёгкие. Существенным фактором в облучении человека в жилище

является и строительный материал, из которого построен дом.

Радиоактивный газ радон образуется при распаде радия. Он выделяется из стройматериалов, грунтов, воды и природного газа повсеместно. Человек всегда подвергался и подвергается воздействию излучения радона и продуктов его распада, большую часть которого он получает внутри помещений и с употребляемой водой.

Очень высокие значения гамма-фона и концентрации радона регистрируются в последнее время всё чаще и чаще.

Кроме этого, участились случаи хищений и потерь радиоактивных материалов как во всём мире, так и в России в частности.

Радиационная безопасность достигается путём ограничения облучения от всех основных источников. Свойства основных источников и возможности регулирования облучения населения их излучением существенно различны. В связи с этим облучение населения излучением природных техногенных и медицинских источников регламентируется отдельно с применением разных методологических подходов и технических способов.

К природным источникам относится космическое излучение, природные радионуклиды, содержащиеся в окружающей среде, строительных материалах и поступающие в организм человека с воздухом, водой и пищей. Искусственные источники излучения разделяются на медицинские (диагно-

стические и радиотерапевтические процедуры) и технические (искусственные и специально сконцентрированные человеком природные радионуклиды, генераторы ионизирующего излучения и др.).

У каждого есть свой «радиационный прожиточный минимум», складывающийся из соответствующих источников, дающих внешнее и внутреннее облучение. При этом внутреннее облучение сейчас оценивается примерно в два раза выше внешнего и связывается с короткоживущими продуктами распада радона-222, радона-220, калия-40, свинца-210 и полония-210. Только радон даёт до 1 мЗв/год [44].

В среднегодовых дозах облучения при нормальных условиях доминируют природные источники (рис. 2.1). В реальной жизни отмечен широкий диапазон индивидуальной радиочувствительности (резистентности) людей при однозначном признании существования групп риска – детей и беременных женщин.

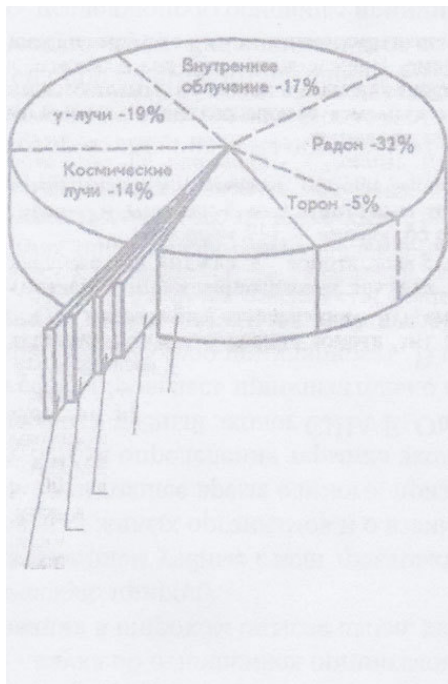


Рис.2.1.  
Среднегодовые дозы облучения (на примере населения Великобритании)

- Природные - 87%
- Искусственные - 13%
- Медицинские - 11,5%
- Радиоактивные осадки - 0,5%
- Различные источники - 0,5%
- Профессиональные облучения - 0,4%
- Ядерная энергетика - 0,1%

Из всех видов антропогенного загрязнения окружающей среды – химического, биологического, бактериального, электромагнитного, инфразвукового, вибрационного, шумового, теплового, загрязнения синтетическими органическими веществами и т. д. – радиоактивное загрязнение остаётся самым загадочным и сложным для восприятия и понимания населением.

Причин тому много: сложные физико-химические про-

цессы, происходящие на уровне атома, своеобразные и многочисленные единицы измерения радиоактивности, не устойчивые критерии и нормы воздействия на население и природную среду, неопределённость последствий облучения организма малыми дозами и т. п. Во многом загадочность радиоактивного загрязнения, его воздействия на человека и среду обитания объясняется тем важным обстоятельством, что оно на протяжении многих десятилетий оставалось государственным секретом, причём не только в бывшем СССР, но также и в США, странах Западной Европы, других развитых государствах.

Причинами секретности было не только идеологическое, научное, технологическое, военное противостояние двух разных социальных систем, но и преобладание в обеих системах технократических и экономических целей над этическими и экологическими.

Сегодня США признали, что проводили далеко не единичные радиобиологические опыты над живыми людьми, а Россия робко приступила к социально-медицинской реабилитации населения, пострадавшего от ядерных испытаний. Но говорить о наступившем равновесии технократического и этического сознания, о приоритете здравого смысла ещё не приходится. Экономические цели значительно преобладают над экологическими, по крайней мере, на уровне правительств, парламентов, промышленников, транспортников, теплоэнергетиков, аграриев.

Необходимо отметить, что нормы воздействия радиоактивного загрязнения на население в мирное время (хорошие учебные и справочные пособия в основном переводные) появились в нашей стране малыми тиражами лишь в середине – конце 60-х годов (т. е. после запрещения самых опасных ядерных взрывов в атмосфере и водах), а секретность на информацию о радиоактивном загрязнении снята лишь в конце 1989 года.

## 2.1. Радиоактивность, радиоизотопы, радионуклиды

Человечество уже давно знало, что материальный мир вообще и химическое вещество в частности состоят из атомов, но как эти атомы выглядят, было неизвестно до начала XX века.

Великий английский физик Эрнест Резерфорд однажды зимой 1911 года, войдя в свою лабораторию, где работал его талантливый ученик Г. Гейгер, своим громоподобным голосом объявил: «Теперь я знаю, как выглядит атом!» [28]. Им впервые была построена планетарная модель атома, где электроны (отрицательно заряженные частицы) являются «планетами», которые движутся вокруг ядра атома («солнца»), состоящего из протонов – положительно заряженных частиц, и нейтронов – электрически нейтральных частиц.

Конечно, планетарную модель атома необходимо воспринимать как модель, созданную одновременно сердцем учёного и его разумом. Дальнейшие открытия элементарных частиц и сложных, загадочных, непредсказуемых процессов их взаимодействия привели к более глубокому пониманию мироздания – познание атома так же неисчерпаемо, как и бесконечно познание окружающего нас мира и вселенной.

Размер ядра в 100 000 раз меньше самого атома, но плотность его настолько значительна, что масса ядра приближа-

ется к массе всего атома, на орбите которого число электронов в точности равно числу протонов в ядре. Это равенство делает атом нейтральным.

Любое атомное ядро с заданным числом протонов и нейтронов называется **НУКЛОНОМ**. Ядра атомов одного и того же химического элемента всегда содержат одно и то же количество протонов, а вот число нейтронов в ядрах может быть разным. В этом случае мы имеем разновидности химического элемента, называемые **ИЗОТОПАМИ** (например, изотопы урана-238, 235, 234 имеют по 92 протона, но соответственно 146, 143 и 142 нейтрона в ядре). Они имеют одинаковый порядковый номер, но разную атомную массу и почти не отличаются по химическим свойствам.

Если в ядре атома силы сцепления между протонами и нейтронами слабые (нестабильный химический элемент, а их большинство) и протон начинает «вылетать» из ядра, или нейтрон в ядре превращается в новый протон и т. д., то образуется новый **НУКЛИД**. При этом одновременно с потерей ядром протона с орбиты «срывается» электрон.

Явление самопроизвольного распада химического элемента и превращение его в изотоп или новый нуклид, сопровождаемое выделением энергии (излучением), и называется **РАДИОАКТИВНОСТЬЮ**. Нестабильные химические элементы, способные к самопроизвольному распаду и осуществившие его, носят название **РАДИОИЗОТОПОВ** и **РАДИОНУКЛИДОВ**.

При распаде радиоактивного вещества масса его в течение времени уменьшается по экспоненциальному закону. Время, по истечении которого масса радиоизотопа (радионуклида) уменьшается в два раза, называется ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА. Время это для разных радиоактивных веществ измеряется долями секунд, секундами, сутками, годами, тысячами и миллиардами лет.

В гранитах, слагающих фундамент города Бийска, содержится значительное количество природного урана-238, период полураспада которого составляет 4,47 млрд лет.

В табл.2.1 представлены радиоактивные вещества, образующиеся при распаде урана-238, период их полураспада и вид излучения, сопровождающий этот распад [51].

Таблица 2.1

**Распад урана-238**

Радиоактивное вещество	Период его полураспада	Основной вид излучения при распаде
Уран-238	4,47 млрд. лет	Альфа
Торий-234	24,1 суток	Бета
Протактиний-234	1,17 минут	Бета
Уран-234	244 000 лет	Альфа
Торий-230	77 000 лет	Альфа
Радий-226	1600 лет	Альфа
Радон-222	3,825 суток	Альфа
Полоний-218	3,05 минут	Альфа
Свинец-214	26,8 минут	Бета
Висмут-214	19,7 минут	Бета
Полоний-214	0,000164 сек	Альфа
Свинец-210	20,4 лет	Бета
Висмут-210	5,01 суток	Бета
Полоний-210	138,4 суток	Альфа
Свинец-206	Стабильный	

Все эти вещества образуются в гранитах и почвах города, а начиная от радона-222 в подвалах жилых домов и даже в наших квартирах.

В табл.2.2 приводится список основных радиоактивных изотопов [53], имеющих важное значение для экологии человека, где:

– группа А – элементы, составляющие основу живого вещества (приводятся их радиоизотопы);

– группа В – элементы, содержащиеся в значительных количествах в продуктах распада, которые попадают в окружающую среду вместе с радиоактивными выбросами во время аварий реакторов, при ядерных взрывах;

– группа С – инертные газы, образующиеся в мощных реакторах или при ядерных взрывах (в том числе подземных).

## Таблица 2.2

Основные радиоактивные изотопы, имеющие важное значение для экологии человека [53]

Радиоизотоп	Период полураспада	Энергия излучения, МэВ*		
		альфа	бета	гамма
Группа А				
Углерод- 1 1	5568 лет	-	0,2	-
Тритий -3	12,4 года	-	0,2	-
Фосфор-32	1 4,5 суток	-	1-3	-
Сера-35	87,1 суток	-	0,2	-
Кальций-45	160 суток	-	0,2-1	-
Натрий-24	15 часов	-	1-3	1-3
Калий-42	12,4 часа	-	4-3	0,2-1
Калий-40	1,48 млрд. лет	-	0,2-1	0,2-1
Железо-59	45 суток	-	0,2-1	1-3
Марганец- 5 4	300 суток	-	0,2-1	0,2-1
Йод-131	8 суток	-	0,2-1	0,2-1
Группа В				
Стронций-90	27,7 года	-	0,2-1	-
Цезий- 137	32 года	-	0,2-1	0,2
Церий-144	285 суток	-	0,2-1	0,2
Рутений-106	1 год	-	0,2	-
Иттрий-91	61 сутки	-	1-3	0,2-1
Плутоний-239	24000 лет	3	-	0,2-1
Группа С				
Аргон-41	2 часа	-	0,2-1	-
Криптон-85	10 лет	-	0,2	-
Ксенон- 133	5 суток	-	1-3	-

МэВ\* - мегаэлектронвольт

Приведём сведения о периодах полураспада ряда других радиоактивных изотопов, не вошедших в табл.2.1 и 2.2, но которые могут встретиться в тексте книги: цезий-134 – около двух лет; бериллий-7–53,6 суток; барий-140–13 суток; радон (торон)-220–55 сек.; тантал-182–111 суток; радий-228–5,75 года; радий-223–11,4 суток [43].

## 2.2. Радиоактивное излучение

Самопроизвольный распад нестабильных радиоизотопов и радионуклидов сопровождается высвобождением энергии, которая и передается дальше в виде ИЗЛУЧЕНИЯ.

Установлены следующие виды радиоактивного излучения:

– альфа-излучение – испускание ионизированных ядер (а-частицы), состоящих из двух протонов и двух нейтронов, т. е. заряд ядра уменьшается на две единицы, а массовое число на 4;

– бета-излучение;

– гамма-излучение;

– рентгеновское излучение – представляет собой также поток частиц – электронов ( $\beta$ -распад) и антинейтрино или позитронов ( $\beta^+$ -распад) и нейтрино. При электронном бета-распаде заряд ядра увеличивается на 1 единицу, при позитронии уменьшается на 1. Массовое число не меняется;

– коротковолновое электромагнитное излучение ( $\gamma$ -лучи) (поток фотонов), возникающее в результате распада ядра и взаимодействий электромагнитных частиц, по природе своей соответствует гамма-излучению, но с меньшей длиной электромагнитной волны.

Ещё совсем недавно считалось, что и гамма-излучение, и рентгеновское излучение одновременно являются и элект-

тромагнитными волнами, выбрасывающими порции (кванты) энергии, и движением частиц, что привело к драме идей физиков в период первой половины XX века [2]. Сегодня уточнено: нестабильный нуклид оказывается настолько возбуждённым, что испускание частицы не приводит к полному снятию возбуждения. Тогда он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую гамма-излучением (гамма-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей, во многом подобных гамма-излучению, при этом не происходит испускания каких-либо частиц [51].

Виды излучения отличаются количеством высвобождаемой энергии и обладают соответственно разной проникающей способностью, оказывая различное влияние на ткани живых организмов.

Альфа-излучение, например, задерживается листом бумаги или удалённостью от его источника на десяток метров, когда экраном служит даже слой воздуха. Оно не способно практически проникнуть через наружный (без открытых ран) слой кожи, но альфа-частицы становятся крайне опасными при внутреннем облучении организма, если они попали туда с вдыхаемым воздухом, пищей, водой или через открытую рану. По своей способности повреждать ткани организма альфа-излучение двадцатикратно превосходит другие виды излучения (при одинаковой дозе, поглощённой организмом).

Бета-излучение способно проникать через кожу на

несколько сантиметров и вызывает ожоги на теле. Бета-частицы также поглощаются слоем воздуха в несколько метров.

Проникающая способность гамма-излучения (фотонов), которое распространяется со скоростью света, громадна: его может остановить лишь толстая свинцовая или бетонная стена.

Нейтронное излучение при одинаковой дозе, поглощаемой организмом, гораздо опаснее предыдущих за счёт большой кинетической энергии и взаимодействия с ядрами атомов молекул, составляющих организм, большего размера нейтронов и отсутствия у них электрического заряда. Они образуются в момент ядерного взрыва и, конечно, при взрыве нейтронной бомбы. Нейтроны встречаются лишь в непосредственной близости от их источника.

Радиоактивные, вышеперечисленные, излучения являются ионизирующими, поскольку обладают свойством вырывать электроны с высших орбит атомов и молекул, превращая их в положительно заряженные ионы и освобождая электроны, т. е. ионизировать или возбуждать их. Отсюда и понятие «ионизирующие источники».

## **2.3. Единицы, приборы измерения радиоактивности и дозы ионизирующего излучения**

Двумя основными количественными характеристиками, используемыми при оценке уровней и эффектов ионизирующего излучения, являются активность радиоактивного вещества и доза ионизирующего излучения. Слово «радиоактивность» обозначает явление радиоактивного распада и не является синонимом «активности» [33].

Активность радиоактивного вещества определяется числом спонтанных распадов радионуклидов в единицу времени. В настоящее время в системе СИ основной единицей измерения активности служит беккерель (1 Бк равен 1 распаду в 1 секунду). Параллельно распространена старая единица измерения активности – кюри (1 Ки = 37 млрд распадов в секунду).

Радиация вообще представляет собой процесс распространения и поглощения энергии в пространстве (так необходимо понимать и солнечную радиацию).

В случае ионизирующей радиации процесс поглощения энергии связан с потерей электронов в атомах, в результате чего образуются ионы.

Мерой ионизирующего действия гамма-излучения или

рентгеновского излучения является ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА – полная величина электрического заряда образующихся ионов.

Мощность экспозиционной дозы (МЭД) измеряется в старых единицах – рентген в час ( $1 \text{ Р/ч} = 1000 \text{ мР/час}$ ); 1 миллирентген в час ( $1 \text{ мР/час}$ ) равен 1000 микрорентген в час ( $\text{мкР/час}$ ).

Многие дозиметры для измерения МЭД используют шкалу в Р, мР, мкР/час, но появились дозиметры со шкалой в зивертах/час ( $\text{Зв/час}$ ,  $\text{мЗв/час}$ ,  $\text{мкЗв/час}$ ). Чтобы перейти от шкалы в зивертах к более чисто психологически привычной в рентгенах, достаточно показатель в Зв увеличить в 100 раз (рис. 2.2).

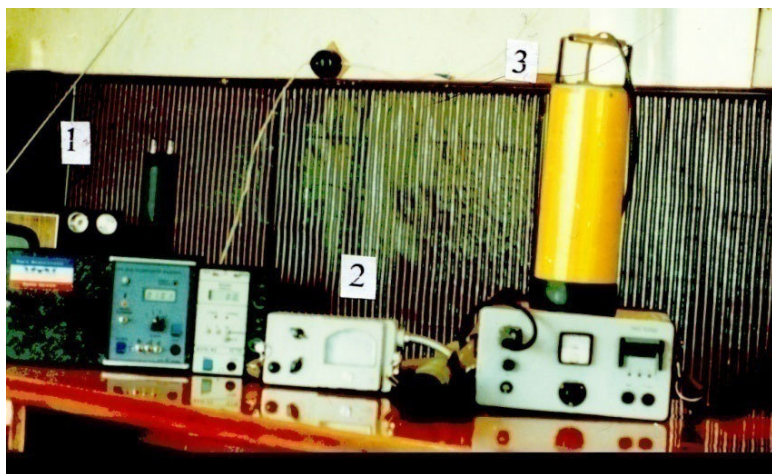


Рис. 2.2 Приборы для измерения радиации. 1-радонометр РРА-01 м, 2-сцинтилляционный радиометр СРП-68, 3-спектрометр РКП-305 (радий, торий, калий-40). Фото автора

Дозу излучения организм может получить от любого радионуклида или их смеси независимо от того, находятся они вне организма или внутри его (в результате попадания с воздухом, водой, пищей). Повреждения, вызванные в живом организме излучением, будут тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям. Количество такой переданной энергии организму и называется ДОЗОЙ.

Количество энергии излучения, поглощённое единицей массы облучаемого тела (тканями организма), называется ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗОЙ. В радиационной биологии долгое время для измерения поглощённой дозы излучения (при которой 1 грамм живого вещества поглощает энергию, равную  $10^5$  Дж) использовался РАД. В системе Си поглощённая доза измеряется в Грехах (Гр),  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Эти две единицы измерения поглощённой дозы продолжают существовать параллельно ( $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$  или  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ ).

Выше отмечалось, что при равной поглощённой дозе альфа-, бета-, гамма-излучения имеют разную степень опасности (воздействия) для организма. Перерасчёт доз с учётом коэффициента опасности вида излучения даёт нам так называемую ЭКВИВАЛЕНТНУЮ ДОЗУ. Ранее она измерялась в бэрах, а в системе Си измеряется в зивертах (Зв). Один Зв

соответствует эквивалентной поглощённой дозе в 1 Дж/кг. В практике чаще используется тысячная доля Зиверта – миллизиверт (мЗв) – или сотая – сантизиверт (сЗв). И бэр, и Зв также продолжают параллельно применяться (1 бэр = 1 сЗв = 0,01 Зв или 1 Зв = 100 бэр).

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.