



УДК 574:539.1.04

Г. Г. Поликарпов, акад. НАН Украины, гл. научн. сотр.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА БИОСФЕРЫ, ВКЛЮЧАЯ *HOMO SAPIENS*: ВЫБОР ПРИНЦИПОВ И ПОИСКИ РЕШЕНИЯ

Представлен итог рассмотрения основных аспектов этой проблемы. Предлагается развернутая формулировка радиационной защиты биосферы: "Защищенная от вредного действия ионизирующих излучений биосфера обеспечит радиационную безопасность и полноценную жизнеспособность человечества" или кратко: "Защищена биосфера - защищен и человек".

Ключевые слова: Радиоэкология, радиационная защита, ионизирующие излучения, радиоактивность, морская, пресноводная и наземная биота, экосистемы, биосфера, антропоцентризм, экоцентризм, экоэтика

"Небрежное отношение к биосфере ведет к нарушению ее правильной работы и означает, что люди с плохо работающей биосферой не смогут вообще существовать на Земле"

(Н. В. Тимофеев-Ресовский)

"С природой и жизнью опять примирись"

(В. А. Жуковский)

В отличие от всех других видов живых существ, современный "Человек разумный", как известно, способен, в принципе, научно предвидеть последствия своей деятельности, в том числе, результаты воздействия на ближнюю и отдаленную окружающую его среду, экосистемы, биосферу. Однако на примитивных, доисторических и ранне-исторических этапах развития общества человек не знал и не беспокоился о возможных последствиях наносимого ущерба своему окружению. Он действовал, как если бы ресурсы были неисчислимыми, и следовал общей традиции антропоцентрической морали, суть которой отражена в словах: "Человек – царь природы". В более поздний период образованная часть *Ното*

sapiens постепенно выяснила, что Земля – не центр мироздания, а, скорее, небольшая планета с хрупкой биосферой, находящейся в напряженном динамическом равновесии и постоянной эволюции, и располагающая ограниченными ресурсами. Тем не менее, к сожалению, до настоящего времени все еще многие (если не большинство людей) продолжают следовать "праву силы" по отношению к природе и не заботиться как об очевидных, так и о проявляющихся не сразу неблагоприятных последствиях их противоприродной деятельности. В наши дни такое отношение выражается не всегда столь открыто и часто заменяется и прикрывается отсрочками и умышленной недооценкой ущерба. Однако это

не меняет негативного результата – обеднения биосферы на фоне все более ощутимого загрязнения природы и изменения климата. Так возникло исторически и сохранилось до настоящего времени антропоцентрическое отношение человека к природе.

Термин "антропоцентризм" в сфере радиационной защиты биосферы в настоящее время означает, что объект радиационной защиты представляет собой "человек, а также среда", которая обеспечивает его всем необходимым.

В работе Р. М. Алексахина и С. В. Фесенко [1] наиболее четко определена антропоцентрическая концепция в области радиационной защиты окружающей среды, которая состоит в том, что: "человек признается главным или, более того, единственным объектом анализа радиационного воздействия, и, следовательно, природная среда рассматривается лишь в разрезе ее влияния как источник радиоактивных веществ и объект, где протекают процессы миграции радионуклидов, поступающих, в конечном счете, в организм человека ..." (с. 95).

Область собственно радиационной защиты человека хорошо разработана и с самого начала принадлежит, строго говоря, именно медицинской радиационной гигиене и радиационной санитарии. Однако, постепенное распространение ее методологии на другую, значительно более сложную область – радиационную защиту биосферы, - означало переход в совершенно иную сферу ответственности, требующую больших усилий, где, наряду с радиологами и радиобиологами, требуется участие широкого круга специалистов по радиоэкологии, по окружающей – наземной, водной и воздушной – среде, по общей экологии, а также участие философов по разделу этики.

Экоцентрический подход означает, что *H. sapiens*, вместе со всеми существующими в природе видами, представляет собой лишь одного из этих многочисленных видов-членов экосистем, объединенных в биосферу. Поэтому *H. sapiens* будет защищен при условии, ес-

ли будут защищены более радиочувствительные виды в экосистемах биосферы. Это справедливо для всех экосистем биосферы, которые населены или еще не заселены человеком, т.к. люди не относятся к наиболее радиочувствительным созданиям.

Дискуссии на тему "Экоцентризм и Антропоцентризм" отражают отсутствие до сих пор удовлетворительной координации позиций между этими подходами. Сторонники антропоцентризма делают особый упор на отсутствие свидетельства вреда при применении формулировки Международной Комиссии по Радиационной защите [31], ставшей с 1991 г. на длительное время ориентиром для правительственных организаций.

Смысл этой формулировки [31] состоит в том, что вся живая природа должна находиться в хорошем состоянии в том случае, когда каждый человек пребывает в состоянии радиационного благополучия. Сторонники экоцентризма в разных странах подчеркивают некорректность этой односторонней формулы и требуют активизировать недостаточные радиоэкологические исследования в биосфере. Недавние публикации МАГАТЭ [29], а также экспертов [2, 22, 37] продемонстрировали намерение создать широкий подход к радиационной защите, включая в него новые положения из этики и экологии, как следствие растущей озабоченности населения в области глобальной ядерно-индустриальной и военной активности [18]. Кстати сказать, весьма впечатляет недавняя информация из Washington Profile, July 2005, о том, что уже 60 стран фактически располагает ядерным оружием.

1. ИСТОРИЧЕСКИЙ И ОБЩИЙ АНАЛИЗ

Исторически происходил следующий процесс. После открытия рентгеновских лучей и явления радиоактивности и начала изучения биологического действия ионизирующих излучений в конце 18 – начале 19 веков радиационная защита человека разрабатывалась, первоначально, не принимая во внимание сам

принцип возможного ущерба для популяций других видов, биологических сообществ и целых экосистем, включающих в себя также человека. Источники ионизирующей радиации первоначально были слабыми и закрытыми, а природа на Земле казалась безграничной и неисчерпаемой. Позднее эти источники, большей частью искусственные радионуклиды, становились все более мощными. По технико-экономическим и военным причинам ближе к середине прошлого века в США и СССР, а впоследствии и в остальных ядерных державах – Англии, Франции, Индии, Китайской Народной Республике и в других странах, начался процесс планового удаления и аварийного выхода техногенных радионуклидов в открытую окружающую среду – радиоактивное загрязнение Биосферы, включая атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, интенсивные испытания ядерного оружия и захоронение ядерных отходов. Радиационная защита человека продолжала непрерывно развиваться, не выходя за рамки своего объекта – человеческого организма вплоть до того момента, когда было зарегистрировано явное повреждающее действие ядерными взрывами и выпусками радиохимических заводов на живые компоненты экосистем [53]. Затем правила по радиационной безопасности человека постепенно стали пополняться некоторыми ограничениями для защиты соответствующих природных комплексов. Наконец, развитие радиационной защиты человека вместе с нарастающими поправками по радиационной защите живой природы достигло того состояния, когда МКРЗ решила официально сформулировать основной принцип в этой области (цитируется на языке подлинника):

"The Commission believes that the standards of environment control needed to protect man to the degree currently thought desirable will ensure that other species are not put at risk" (ICRP, 1991) [31],

или в краткой категоричной форме:

"If man is protected, the environment is automatically protected" (ICRP, 1991) [31].

То был "звездный час" антропоцентризма в радиационной защите биосферы. Такое положение вещей сохранялось бы постоянным, если бы не накапливалось все больше фактов и логических противоречий, а также этических несоответствий, которые были не в пользу антропоцентрического подхода к защите одновременно и совместно как человека, так и остальной живой природы. Философские, а именно этические, дискуссии, основанные на новых рекомендациях ООН [40, 50], таких как сохранение 'биоразнообразия' и обеспечение 'устойчивого развития', внесли большой вклад в поиски общего решения защиты [29, 32] системы "живая природа и человек", где человек рассматривается не вне или над природой, а как органически зависимая от нее часть. Экосистемы, как целое, весьма динамичны и вполне способны существовать без такого обедняющего биоразнообразия видов фактора, как *H. sapiens* в качестве всего человечества.

Как известно, антропоцентрический подход к защите человека ("*Если защищен человек, то и другие виды не подвергаются риску*" [31]) основан на следующих аргументах [31]:

- (a') *H. sapiens* – наиболее радиочувствительный живой объект в биосфере;
- (b') предусмотрены достаточно большие коэффициенты запаса при регулировании допустимого облучения человека по сравнению с эффективными и летальными дозами;
- (c') защита человеческого здоровья имеет самый высокий приоритет.

Критические аргументы против этих антропоцентрических положений со стороны экоцентрического подхода приведены ниже:

- (a') *H. sapiens* не является наиболее радиочувствительным живым объектом в биосфере. Он лишь *относительно* чувствителен к ионизирующим излучениям; более того, люди несколько более радиорезистентны,

чем сосны. Известны более радиочувствительные виды, чем *H. sapiens* [55], среди видов, изученных до настоящего времени. Следует отметить, что число изученных отрядов и семейств живых существ на предмет их радиочувствительности мало, а число видов, изученных с точки зрения их радиочувствительности, ничтожно мало – значительно меньше 1 %. Так, напр., ихтиологами описаны, по крайней мере, около 25000 видов морских и пресноводных рыб [8], относящихся к 41 отряду и 268 семействам [36]. Насколько нам известно, радиочувствительность видов некоторых классов рыб и рыбообразных (круглоротых *Agnatha* и хрящевых *Chondrichthyes*) не изучалась вовсе. Внутри класса *Osteichthyes* только для представителей 22 семейств (по 1 или по немногим видам, оказавшимся изученными радиобиологически в каждом из этих семейств), что составляет всего 8.2 %, была определена их радиочувствительность. Поэтому не исключено, что новые для радиоэкологии радиочувствительные виды будут найдены среди подавляющей части видов рыб – 99.7 – 99.9 %, еще не изучавшихся в этом отношении. Морские млекопитающие, 4 отряда которых объединяют 15 семейств со 115 видами [46], насколько нам известно, остаются не изученными в отношении их радиочувствительности. В ожидании исследований остается только ориентировочно полагать, что их радиочувствительность сравнима в широких пределах с радиочувствительностью наземных млекопитающих;

- (b') Большие коэффициенты запаса недостаточны для заключений а priori; дело заключается в дальнейших количественных оценках во многих конкретных сложных экосистемах и усложненных ситуациях;
- (c') Наконец, нет сомнения в том, что наше собственное человеческое здоровье имеет для нас самих самый высочайший приоритет, однако оно прямо зависит от здоровья

экосистем и всей биосферы, в которых обитает человек [1]. "Люди не могут быть здоровыми в нездоровых экосистемах" [2, 22].

Далее представлена критика с позиций экоцентрического (экологического) подхода, направленная против слишком широкого распространения – а именно: на популяции всех живых существ – антропоцентрических (санитарно-гигиенических) принципов, которые справедливы только для людей:

(a") Реально существующие (напр., места глубоководных сбросов высокорadioактивных отходов, произведенных до Моратория 1984 г.; места вокруг погибших ядерных подводных лодок, покоящихся на океаническом дне; хранилища радиоактивных отходов, полностью изолированные от контактов с людьми; особые места с высокими мощностями доз ионизирующих излучений на Восточном Урале, близ ЧАЭС в ее 30-км зоне обязательного отселения и т.д.), но логически неприемлемые ситуации в связи с формулировкой главного общего утверждения МКРЗ [31], а именно: часто встречающиеся ситуации, когда люди полностью отсутствуют в весьма загрязненной среде, в которой радиочувствительные представители биоты могут испытывать повреждающее и поражающее действие радиации;

(b") По контрасту с представителями биоты, люди могут активно защищать себя с помощью различных средств и методов защиты против действия ионизирующих излучений, включая простейшие, но эффективные, – защиту расстоянием и временем;

(c") Во многих различных случаях представители биоты облучаются большими дозами, а люди в то же время получают меньшие или не опасные дозы ионизирующих излучений, т.к. дозообразование различно для людей и представителей биоты, и, кроме того, только люди способны регулировать и активно уменьшать поглощенные дозы с

помощью специальных контрмер. В соответствии с обобщенными данными [1], местное население людей получило меньшие в 10 – 100 раз дозы, чем дикие позвоночные животные и высшие растения в аварийной зоне Южного Урала в 1957 г. Сходная разница в 30 – 120 раз была зарегистрирована в зоне ЧАЭС [14] и в 100 – 300 раз в отношении водной биоты реки Теча, по сравнению с местным населением людей вокруг "Маяка" в Челябинской области, употребляющих воду и рыбу из реки Теча и молоко местного рогатого скота, пасущегося на пойме этой реки в 1950 – 1951 гг. [1];

(d") Нет оснований для игнорирования вероятных в будущем ядерных аварий и катастроф, возможного выхода из международ-

ного договора о запрете испытаний ядерного оружия, осуществления недавно провозглашенного принципа о превентивных ядерных ударах, а также нависающей угрозы ядерного терроризма. Как упомянуто выше, десятки государств уже располагают ядерным оружием;

(e") Антропоцентризм основан на традиционной этике, рассматривающей правила поведения людей только внутри человеческого общества. Экоцентризм считает, что "Человечество сможет выжить только благодаря новой концепции этики: экоэтике" [35].

Проведем сравнение ситуаций в области радиационной защиты в отношении людей и экосистем (табл. 1, где ПДД – предельно допустимые дозы).

Таблица 1. Ситуации и мероприятия в области радиационной защиты людей и экосистем
Table 1. Types of radiation protection situations and measures in relation to humans and ecosystems

СИТУАЦИИ	МЕРОПРИЯТИЯ
<p>I. ДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ, ВКЛЮЧАЯ ЖИВУЩИХ В НЕЙ ЛЮДЕЙ</p> <p>Людское население живет локально в данной экосистеме.</p> <p>МЕДИЦИНСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ.</p>	<p>Оценка доз для местного людского населения и их сравнение с дозами, поглощенными наиболее радиочувствительными местными животными и растениями.</p>
<p>II. ДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ, ЧАСТИЧНО СВЯЗАННУЮ С ЛЮДЬМИ</p> <p>Люди не живут в данной экосистеме, но они получают из нее воду, пищу и т.п.</p> <p>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ ПРОБЛЕМЫ.</p>	<p>Оценка доз для людского населения, получаемых при употреблении воды, пищи и т.п., и их сравнение с дозами, поглощенными наиболее радиочувствительными животными и растениями в данной экосистеме.</p>
<p>III. ДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ, НЕ СВЯЗАННУЮ С ЛЮДЬМИ</p> <p>Люди отсутствуют в данной экосистеме и не связаны с ней (напр., в регионах удаленных радиоактивных отходов на дно океана).</p> <p>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ.</p>	<p>Предельно допустимая доза (ПДД) для данной экосистемы. Отсутствует облучение человека из данной экосистемы даже в случае ядерной аварии и катастрофического облучения природных популяций животных и растений в данной экосистеме.</p>
<p>IV. ДЕЙСТВИЕ ТОЛЬКО НА ЛЮДЕЙ</p> <p>Полная изоляция работающих специалистов на АЭС, ядерных заводах и т.п. от контактов с Биосферой.</p> <p>МЕДИЦИНСКИЕ ПРОБЛЕМЫ.</p>	<p>ПДК для работающих специалистов. (Уровни облучения животных и растений – предмет конкретных исследований в окружающих экосистемах, если они загрязняются радионуклидами).</p>

Из представленного выше материала следует, что новая концепция этики – экологическая этика – стала жизненной необходимостью для гармонизации отношений между биосферой и одним из ее компонентов – геологически очень молодого вида *H. sapiens*, ведущего себя все более и более деструктивно в отношении живой природы [34, 35]. Экоэтика приложима также к радиационной защите [44]. Организационно такая необходимость была реализована в виде научно-обоснованного "Международного Союза Экоэтики" (МСЭЭ) / "Eco-Ethics International Union" (EEIU), созданного в 1998 г. (www.eei.org), и его электронного журнала "Ethics in Science and Environmental Politics" (ESEP), публикуемого издательством Inter-Research (www.esep.de) [35]. Многие радиоэкологи из разных стран состоят членами, действительными и почетными членами МСЭЭ: А. Ааркрог, М. Бакстер, М. Бетти, Ф. Брешиньяк, В. Бунненберг, Е. Б. Бурлакова, В. Н. Егоров, В. Н. Еремеев, Э. Флору, Д. М. Гродзинский, С. Б. Гулин, Б. Ховард, Г. Хантер, Р. Джеффри, Р. Киршманн, Г. Е. Лазоренко, У. Мишра, Д. Отон, С. Пагава, К. Риссанен, В. А. Шевченко, П. Странд, Д. Стыро, Н. Н. Терещенко, П. Томпсон, А. В. Трапезников, Н. Цукада, В. Г. Цыцугина, К. Ван-декастееле, Ф. У. Уиккер, Д. С. Вудхед и другие (www.eei.org). Близкие к экоэтике направления называются этикой окружающей среды и биоэтикой [20, 21].

2. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗОНЫ МОЩНОСТЕЙ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПРИРОДЕ

Работая в 1975 – 1979 гг. руководителем секции исследований окружающей среды в международной лаборатории морской радиоактивности МАГАТЭ в княжестве Монако и получив приглашение представить ключевой доклад на XX Национальном конгрессе Итальянской ассоциации санитарной физики и защиты против радиации в Болонье на тему "Действие ионизирующих лучей на водные организ-

мы (при хроническом облучении)", автор этих строк обобщил 68 опубликованных на то время работ и предложил концептуальную модель по данной проблеме [39]. Доклад включал анализ и критическое рассмотрение существующих материалов: (1) о мощностях доз ионизирующих излучений, формируемых природным фоном и искусственными радионуклидами в водной среде, а также (2) о действии хронического облучения на водные организмы, популяции и биоценозы. В результате анализа области природного фона и подфоновой области, а также надфоновой области была предложена классификация зон биологического действия хронического облучения ионизирующей радиацией, состоящая из условной зоны неопределенности (ниже наименьшего уровня природного фона: $< 0.00001 - 0.0004$ Гр/год), зоны радиационного благополучия (в пределах природного фона: $0.00004 - 0.005$ Гр/год), зоны физиологической маскировки ($0.005 - 0.05$ Гр/год), зоны экологической маскировки ($0.05 - 0.4$ Гр/год) и зоны явного действия (проявление повреждающих и поражающих эффектов ионизирующего облучения: $4 - > 3000$ Гр/год). Эта классификация была развита в дальнейшем [11, 12, 40 – 44] в качестве графической концептуальной модели действия долгосрочного (хронического) облучения во всем диапазоне существующих и возможных мощностей доз на все уровни организации живой природы (живые организмы, популяции, сообщества, экосистемы, биосфера), основанные на регистрации изменений в наиболее радиочувствительных структурах и функциях живых организмов и их сообществ [41].

2.1. Зона неопределенности

Первая зона с наименьшими мощностями доз ионизирующей радиации получила название "Зона неопределенности" [39 – 43] по неопределенным и наименее изученным эффектам разными авторами (см. обзоры [39, 41] работ с указанием многих авторов): в культурах в *Paramecium aurelia*, на яйцах *Artemia sa-*

lina, на грибах, на мышцах лягушки, а также на высших растениях. Излучение в процессе распада ^{40}K создает мощность дозы 0.00004 Гр/год в микроорганизмах в морской воде [25]. Эту мощность дозы представляется возможным принять за условный верхний предел "Зоны неопределенности" [39, 41] (рис. 1). В действи-

тельности такой вид границ между зонами может выглядеть в виде "полос", а не геометрических линий. Ширина межграницных "полос" между зонами в предложенной модели может быть предметом предстоящих исследований в радиоэкологии.

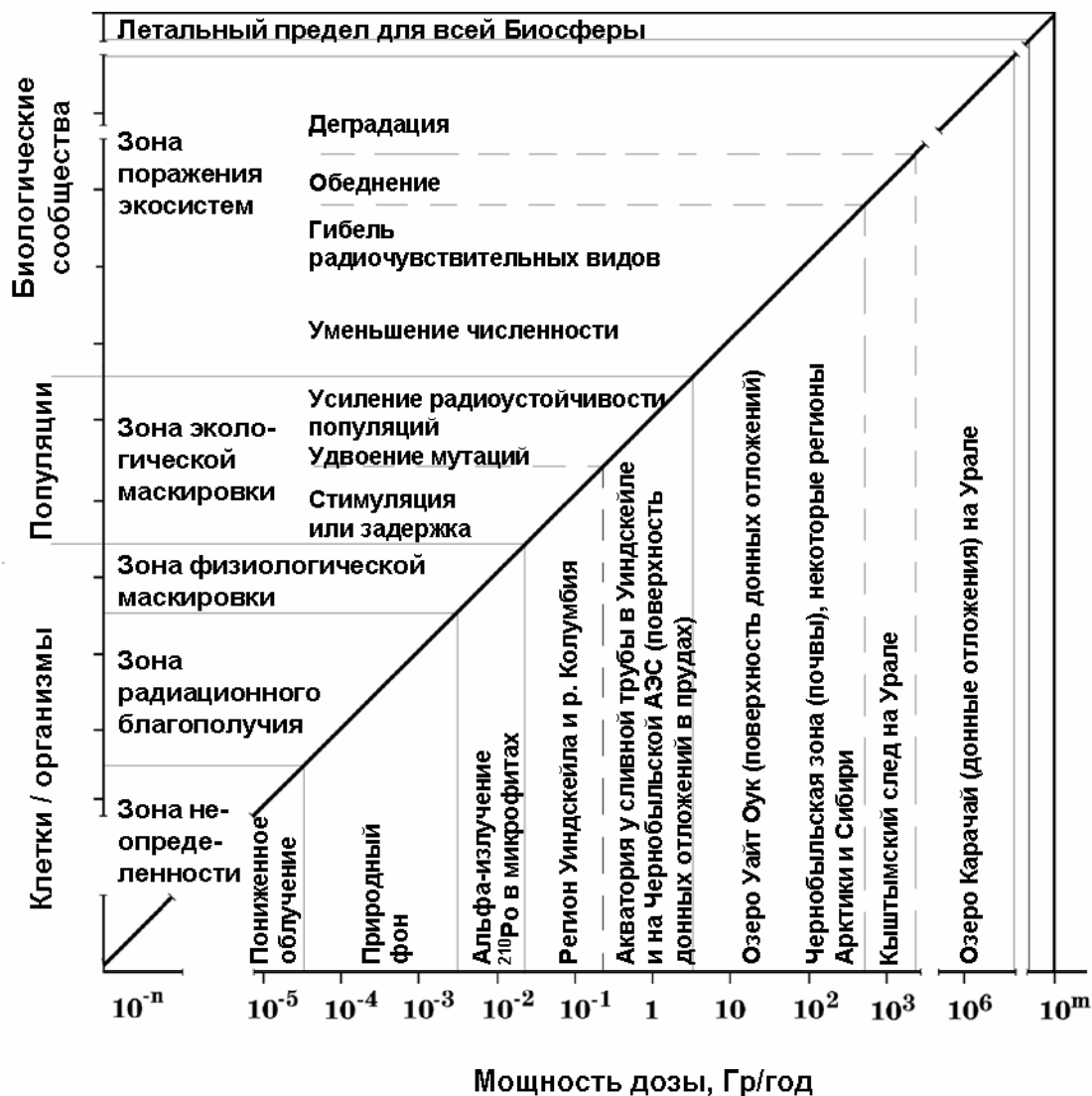


Рис. 1. Зоны мощностей дозы и их действие в Биосфере [41]
 Fig. 1. Zones of dose rates and their effects in the Biosphere [41]

2.2. Зона радиационного благополучия

"Зона радиационного благополучия" расположена в пределах натурального фона, который сильно варьирует в различных районах Земли. Среднее значение природного фона составляет примерно 0.001 Гр/год. Большие местные популяции людей в некоторых географических местах – Франции, России, Швеции, США – облучаются природными источниками 0.0035 Гр/год. Песчаные скопления и почвы, образовавшиеся в прибрежной зоне (с обнаруженными радионуклидами: ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) на о. Икарія в Эгейском море (Греция), создают максимально 0.0018 Гр/год [24], а донные отложения на границе с морской водой в сублитторальной зоне (с теми же самыми радионуклидами) на том же острове создают до 0.0049 Гр/год [47]. В обзорах [39, 41] приведены сведения различных авторов: о ритмических обратимых процессах увеличения темпов клеточного деления клеток у простейших *Colpoda* sp., коррелирующих с небольшим превышением радиационного фона (до 0.00088 Гр/год); о двигательной ориентации у планарии *Dugesia doroccephala*, меняющейся при мощности дозы между 0.0023 и 0.021 Гр/год; о важных критериях в пределах этой зоны, включающих в себя лимит радиационного облучения людей за счет пищи морского происхождения (10 % общего дозового лимита), равного 0.0005 Гр/год, и норму для водных животных в радиоактивных жидких отходах АЭС, предложенной в США – 0.001 Гр/год в 1973. МКРЗ [31] рекомендовала максимально допустимую дозу для *H. sapiens* при хроническом облучении, равном 0.001 Зв/год. Моноцитотовые почвы в некоторых районах Бразилии, создающие среднюю мощность дозы около 0.005 Гр/год, населены 50000 человек; при этом их здоровье не отличается от здоровья соответствующих контрольных групп. Дозовый лимит, рекомендованный МКРЗ, составляющий 0.005 Гр/год для ограниченной части человеческого населения [30], может рассмат-

риваться как пробная граница между "Зоной радиационного благополучия" (для биоты, включая *H. sapiens*) и следующей верхней зоной (рис. 1).

2.3. Зона физиологической маскировки

"Зона физиологической маскировки" (рис. 1) охватывает один порядок величин мощностей доз при хроническом облучении. В ее пределах радиационные эффекты маскируются во многих случаях природной вариативностью различных физиологических функций и содержанием биохимических компонент. Эта зона включает в себя повышенные величины мощностей доз естественного фона для микроорганизмов за счет радионуклидов в глубоководных осадках – 0.006 Гр/год [25] и для морского фитопланктона от излучений ^{210}Po – до 0.028 Зв/год [23]. Донные отложения в сублитторальной зоне на упоминавшемся выше острове Икарія формирует максимальную мощность дозы, равную 0.0096 Гр/год за счет излучений ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K [47]. 100000 людей населяет местность в штате Керала в Индии, где природное облучение измеряется примерно 0.013 Гр/год и где у населения людей не обнаруживаются отличия по показателям состояния здоровья от таковых у адекватных контрольных групп. Многими авторами (см. обзоры [39, 41]) показано, что в специальных условиях возможно обнаружить у животных небольшие эффекты воздействия на функции, морфологию, на учащение некоторых болезней, напр., изменение веса у полевок в районах высокого радиационного природного фона в северной части России, высокую частоту хромосомных aberrаций в лейкоцитах человека, в эмбрионах морских рыб. В водоемах близ ЧАЭС обнаружен заметный переход в способе размножения - от вегетативного к половому - у пресноводных *Oligochaeta* [18]. Д. Вудхед [54] сделал вывод, что мощность дозы в 0.022 Гр/год не представляет значительной опасности для долговременного выживания популяции гуппи *Poecilia reticulata* на основе его исследования

действия хронического облучения на процесс их размножения. В этой зоне находится предельно допустимая доза для персонала людей, непосредственно работающих и контактирующих с источниками ионизирующей радиации, равная 0.05 Зв/год. В соответствии с документом НКДАР ООН [51], уровень облучения в 0.05 – 0.1 Гр/год достаточен для продуцирования реальных эффектов, которые становятся регистрируемыми. Поэтому эта величина мощности дозы может быть принята в качестве границы между рассматриваемой "Зоной физиологической маскировки" и следующей за ней "Зоной экологической маскировки".

2.4. Зона экологической маскировки

"Зона экологической маскировки" ограничена мощностями доз от 0.05 до 4 Гр/год (рис. 1). Только исключительно высокий природный фон в местах аномалий природной радиоактивности достигает этой зоны, а именно: в Морро-де-Ферро, Бразилия и некоторых других на нашей планете. Повышенный техногенный, искусственный, созданный человеком радиационный фон, появившийся в ряде районов Америки, Европы и Азии [9, 10, 38, 39, 43, 55], может быть также отнесен к "Зоне экологической маскировки". Основными примерами служат уровни облучения в районе Уиндскейла, реки Колумбии и зоны Чернобыльской АЭС (поверхность донных осадков в прудах). Значительный маскирующий эффект может обеспечиваться, благодаря различному состоянию популяций, сезонных изменений и вариабельности экологических условий, а также результатом действия естественного отбора, который поддерживает экологический гомеостаз и "предотвращает" изменения на экосистемном уровне. Тем не менее, многие эффекты зарегистрированы в этой зоне мощностей доз (см. обзоры [39, 41]), включая: патологию у крыс, вызванную введенным ^{239}Am и ^{239}Pu , уменьшение митотической активности у эмбрионов морских рыб *Scorpena porcus*, исчезновение старше-возрастных групп в популяциях *Caras-*

sus auratus gibelio, усиление гетерозиготности и силы популяций *Gambusia*, повреждающее действие на кровь рыб при мощности дозы 0.18 – 0.36 Гр/год, скрытые дефекты у эмбрионов рыб, подвергшихся функциональным нагрузкам, и уменьшение на 2/3 относительной плодовитости рыб, уменьшение числа яйцевых капсул с увеличением числа яиц в каждой капсуле у *Physa*, увеличение частоты новых хромосомных аберраций у *Chironomus* и отсутствие влияния на его популяции, стабильную депрессию реакции фагоцитов у *Cyprinus carpio*. Мощность дозы в 0.5 Гр/год, удваивающая естественную частоту лейкемии у людей, также входит в "Зону экологической маскировки".

В США приняты [52] предельно допустимые мощности доз при хроническом облучении, которые меньше 0.4 Гр/год для наземных животных и растений и меньше 4 Гр/год как для наземных растений, так и для водных растений и животных. Разница между предельно допустимыми мощностями доз (ПДМД) для людей (0.001 Зв/год) и ПДМД для наземных животных (0.4 Гр/год) составляет примерно 400 раз, а для другой биоты (4 Гр/год) примерно 4000 раз в пользу людей. ПДМД для *H. sapiens* расположена в зоне "Радиационного благополучия" и равна среднему природному фону (0.001 Гр/год), тогда как для **всех других – "non-human" – видов** ПДМД попадает в "Зону экологической маскировки" (рис. 1).

2.5. Зона поражения экосистем и зона летальности для всей биосферы

"Зона поражения экосистем" начинается с > 4 Гр/год вплоть до "Зоны летальности всей биосферы". Лимит отражает наиболее высокое, но естественное, облучение дальней окружающей среды Земли – в радиационных поясах ван Аллена, где солнечные протоны создают 3650000 Гр/год и электроны – 1800000000 Гр/год, пойманных магнитным полем нашей Планеты [5] (рис. 1). Мощность дозы 0.01 Гр/сутки (3.65 Гр/год, или округлен-

ная до целых величин – 4 Гр/год) продолжительного, хронического облучения предложена С. Ауербахом [19] и принята международным сообществом в качестве нижней границы экологического действия ионизирующей радиации [28, 39]. В обзорах [39, 41] приведены сведения различных исследователей о том, что в начальном этапе "Зоны поражения экосистем" происходит угнетение функций и экологических процессов, падение плодовитости, наступает бесплодие, начинается деградация популяций животных, а также псевдостимуляция и перестройка водорослевого сообщества пери-

фитона и даже может не проявляться воздействие на выживаемость и морфологию, в частности у *Pleuronectes platessa*.

Д. Вудхед [55] приводит отношение полуметальной дозы при остром облучении (LD_{50}) к LD_{50} при протяженном, хроническом облучении, равное величине от 2 до 10. На основании этого отношения и табличных данных о летальных дозах при остром облучении [55] мы рассчитали следующие ориентировочные значения летальных доз при хроническом облучении (табл. 2).

Табл. 2 Оценка наименьших хронических летальных доз ионизирующих излучений, рассчитанных (Поликарповым в данной работе, 2006) на основе наименьших острых летальных доз, известных до настоящего времени, и отношения хронических к острым летальным дозам, равным 2 - 10 [55]. В соответствии с принципом предосторожности (precaution principle), при расчетах упомянутые выше наименьшие острые летальные дозы были умножены на 2

Table 2 The estimated least chronic lethal doses of ionising irradiation, assessed (by Polikarpov, the present paper, 2006) on the basis of the least acute lethal doses known to present and the ratio of chronic to acute lethal doses equaled to 2 - 10 [55]. According to the precaution principle, in calculation, the mentioned above least acute lethal doses were multiplied by 2

Организмы	Оценка наименьших хронических летальных доз, Гр/год
	Взрослые организмы
Млекопитающие (включая человека*)	4 - 20
Птицы	10 - 50
Амфибии	14 - 70
Рыбы	14 - 70
Рептилии	20 - 100
Ракообразные	30 - 150
Моллюски	200 - 1000
Иглокожие	780 - 3900
Насекомые	20 - 2000
Высшие растения**	14 - 70
Низшие растения***	60 - 300
Простейшие	60 - 300
Бактерии	100 - 5000
Вирусы	400 - 2000

* *H. sapiens* 12 – 18 Гр/год;

** деревья, кустарники и травянистые растения;

*** мхи, лишайники и водоросли.

Табл. 2 демонстрирует, что все изученные взрослые особи у большинства радиочувствительных животных (начиная с 4 Гр/год), а именно, среди позвоночных, насекомых, ракообразных и среди растений (начиная с 14

Гр/год) находятся в "Зоне повреждения экосистем", как и все другие, менее радиочувствительные виды (200 – 780 Гр/год). Кстати, следует подчеркнуть, что радиочувствительность развивающихся эмбрионов семги, форели и

камбалы (0.2 – 1 Гр), а также развивающихся эмбрионов долгоносика, фруктовой мушки, осы и мыши (1 – 2 Гр) [55] соответствует, скорее, "Зоне экологической маскировки". Поэтому, следуя принципу предосторожности МА-ГАТЭ, можно обсуждать и решать вопрос об изменении нижней границы "Зоны экологической маскировки" на один порядок величин – с 4 до 0.4 Гр/год. Кроме того, из приведенных сведений о радиочувствительности эмбрионов разных групп водных и наземных животных, наиболее радиочувствительными оказались эмбрионы именно водных животных – семги, форели и камбалы (0.2 – 1 Гр). Иначе говоря, если судить по радиочувствительности эмбрионов, то обнаруживается несоответствие в классификации радиочувствительности водных и наземных животных. Отсюда единственный вывод: необходимы более широкие радиобиологические исследования на эмбрионах на большом числе представителей разнообразных систематических групп животных и растений.

Само собой разумеется, что весь приведенный выше материал – это первый этап в становлении и разработке концептуальной модели зональности экологического действия всех уровней мощности доз излучений [41 – 45]. Учитывая перспективность названного этапа для дальнейшего формирования и расширения данной модели, среди "Пробелов в научном знании и развитии, требующих рассмотрения" имеется следующий программный пункт, рекомендуемый в Заявлении Международного союза радиоэкологии [2, 22] для будущих планов исследований: "Развитие общей концептуальной модели, описывающей эффекты долговременного облучения ионизирующими излучениями (включая α - и β -излучателей) во всем существующем и возможном диапазоне мощностей доз на всех уровнях организации жизни, основанной на изучении наиболее радиочувствительных структур и функций" (с. 157).

3. СРАВНЕНИЕ АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОГО И ЭКОЦЕНТРИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ

Попытаемся сравнить различные подходы, основанные на антропоцентрическом и экоцентрическом принципах, но использующих те же самые конечные "точки" – безопасность (или защиту) каждого индивидуального человека, в первом случае, и каждую популяцию вида биоты, во втором. Ряд международных конференций и дискуссионных статей были посвящены в последние годы сопоставлению этих двух подходов [27, 29, 32, 33].

В этом отношении привлекают внимание статьи С. В. Казакова и И. И. Линге [6, 7] в области радиационной защиты. Обсуждаемые ниже критерии – А, В, С и D – радиационной безопасности и нормы радиационной защиты людей [6] соответствуют "Зоне радиационного благополучия (рис. 1). Это означает, что *H. sapiens* считается защищенным при следующих условиях:

- А. Радиологические показатели качества питьевой воды для населения людей – эффективные мощности дозы – равны:
 - 0.00004 Зв/год (US EPA, США);
 - 0.0001 Зв/год (Нормы радиационной защиты-99, НРБ-99, Москва, Россия);
 - 0.001 Зв/год (Нормы радиационной защиты Украины-97, НРБУ-97, Киев, Украина).
- В. Квота лимита мощности дозы с учетом критического типа водопользования в Украине (НРБУ-97) равна:
 - 0.00001 Зв/год для предприятий, применяющих ядерные реакторы (АЭС и др.);
 - 0.00005 Зв/год для урановых шахт, гидрометаллургических заводов по обработке урановых руд и т.д.
- С. Оценка мощности дозы для населения людей в Украине при рыхохозяйственном использовании водоемов:

- 0.0001 Зв/год с учетом отдельно ^{137}Cs и ^{90}Sr в питьевой воде;
- 0.0035 Зв/год с учетом ^{137}Cs в загрязненной рыбе;
- 0.0001 Зв/год с учетом ^{90}Sr в загрязненной рыбе;
- 0.0038 Зв/год – общая мощность дозы.

D. Квота мощности дозы от каждого в отдельности ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде и донных отложениях (сапрпель) водного объекта для популяции людей при различных типах его рыбохозяйственного использования (UNSCEAR-2000) [6]:

- 0.0001 Зв/год для питьевого водоснабжения (НРБ-99);
- 0.0001 Зв/год через потребление рыбы с учетом в ней ^{90}Sr ;
- 0.0038 Зв/год через потребление рыбы с учетом в ней ^{137}Cs ;
- 0.00001 Зв/год при хозяйственном использовании без ограничения (Санитарные Правила для Атомных Станций -99, СП АС-99).

Показательно (Е), что радиологические условия водной среды, формирующие мощность дозы 0.00001 Зв/год для популяции людей при пользовании из нее питьевой воды, создают мощность дозы 0.03 Гр/год в тюленях, обитающих в том же водоеме [6]. Упомянутая выше мощность дозы для тюленей в 3000 раз больше, чем для людей, и соответствует "Зоне физиологической маскировки".

Е. Оценка мощности дозы для популяции байкальской нерпы (*Phoca sibirica*) из водоема, в котором обитают пресноводные тюлени (и из которого население людей получает мощность дозы – всего 0.00001 Зв/год через питьевую воду) с учетом излучений ^{137}Cs и ^{90}Sr [6] равна:

- 0.0003 Гр/год для *Ph. sibirica* с учетом облучения из воды;
- 0.03 Гр/год для *Ph. sibirica* при дозовой квоте для комплексного водо-

пользования людьми, равной 0.001 Зв/год;

- 0.3 Гр/год для *Ph. sibirica* при использовании водоема населением людей исключительно для водоснабжения питьевой водой с ^{137}Cs на "уровне вмешательства" (11 Бк/кг).

С. В. Казаков [6] пришел к следующему обоснованному заключению: "Поэтому, следует признать, что регламентирование содержания РВ (радиоактивных веществ) в водных объектах по уровню питьевой воды не гарантирует радиационного благополучия в экосистеме водного объекта в целом" (с. 703). Его оценка показывает, что, напр., содержание ^{137}Cs в 11 Бк/кг в воде водоема (т.е. на "уровне вмешательства" для питьевой воды в соответствии с НРБ-99) формирует упомянутую выше мощность дозы для тюленей в 0.3 Зв/год. Более того, в случае, напр., ^{14}C , коэффициент накопления которого равен 50000 для пресноводных рыб (UNSCEAR-1982) [6], мощность дозы внутреннего облучения тюленей за счет питания рыбой может быть оценена высокой цифрой – 7.5 Зв/год. Мощности дозы, которые даже на порядок меньше чем эта, а именно, десятые доли Зв/год, невозможно рассматривать как безопасные для млекопитающих, в данном примере – для тюленей [6].

Другими словами, в ситуации, когда человек весьма хорошо защищен на индивидуальном уровне, т.е. когда каждый человек получает допустимые мощности доз ионизирующей радиации из питьевой воды, в то же самое время радиочувствительная водная биота оказывается не защищенной и получает не приемлемые мощности доз ионизирующих излучений даже на популяционном уровне из того же самого водоема.

Очевидно, что знаменитая антропоцентрическая формула МКРЗ: "Если защищен человек, то окружающая среда защищена автоматически" [31] – не отвечает требованиям, предъявляемым к радиационной защите

биосферы. В радиационной защите биосферы наступает пора перехода от антропоцентрического (гигиенического) принципа к экоцентрическому (экологическому). Для этого необходимо выполнить обязательное условие, а именно: признать *H. sapiens*, наряду со всеми другими видами, частью, зависимой от природных сообществ, экосистем, биосферы. По мнению С. В. Казакова и И. И. Линге [7]: "Экологический подход к регламентированию воздействия ионизирующей радиации может привести к замене человека как наиболее радиочувствительного объекта, по которому строится вся существующая система регламентирования, на иной, более радиационно-критический вид. Такая замена не столь принципиальна из-за сравнительно простой адаптации антропоцентрического подхода к "видоцентрическому""(с. 491).

Имеется очень четкий индикатор для распознавания антропоцентризма и экоцентризма в радиационной защите биосферы: антропоцентристы говорят о "**человеке И биоте**", тогда как экоцентристы говорят об "**экосистемах, ВКЛЮЧАЯ человека**".

Научная логика не легко воспринимается "технократами" (термин, который часто применял директор Океанографического музея в Монако Ж.-И. Кусто в его борьбе за чистоту гидросферы). Лично мне доводилось слышать (напр., в 2001 г. на конференции по радиационной защите в Бельгии) ответ главного инженера по ядерной энергетике крупной атомной державы на вопрос о его предпочтении между антропоцентрическим и экоцентрическим принципами в радиационной защите: "Никаких сомнений, я – человек и поэтому я предпочитаю антропоцентрический". Иными словами, он не осознавал себя обитателем экосистемы, который обязан следовать экологическим законам биосферы.

В этом случае мы встречаемся с игнорированием экологической этики, без которой будущие поколения человечества окажутся

под нарастающей угрозой экологического наказания вплоть до исчезновения вида *H. sapiens* (рис. 2). Нижний блок на рис. 2 отражает единую и неделимую систему "Экосистемы, включая примитивного *H. sapiens*". Следующий над ним блок показывает весьма критическую современную ситуацию в связи с попытками современного человечества избежать "правил игры в биосфере" и, как писал О. Кинне [35] (с. 3): ... "заменить правила сосуществования правилами доминирования". Сценарий возможного будущего демонстрирует вероятные последствия ухода *H. sapiens* из-под влияния биосферы в обозримом будущем - его исчезновение как вида с лица Земли, если современное и будущее человечество не станет достаточно мудрым, чтобы ... "восстановить стыкуемость между метаболическими процессами природы и таковыми населения людей" [35] (с. 4).

H. sapiens имеет шанс изучить и следовать законам биосферы, принципам и правилам экоэтики и этики окружающей среды, изученным и предложенным В. И. Вернадским [3], Н. В. Тимофеевым-Ресовским [15], UN [49, 50], О. Kinne [34, 35], Ph. Bourdeau [20], чтобы выжить и развиваться, насколько это возможно долго, в будущем.

4. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заявление Международного союза радиэкологии [2, 22] содержит его четкую позицию в отношении радиационной защиты окружающей среды: ... "МСР поддерживает переход к глобально экоцентрическому подходу, который имеет целью сохранить целостность экосистем ...". Это может быть обобщено как: "здоровье человека нуждается в здоровой окружающей среде" (р. 157 - 158). "МСР подчеркивает, что довольно значительные белые пятна все еще существуют между конечной целью защиты (особей, популяций и экосистем, подвергшихся действию хронических и малых доз смешанных загрязнений) и возможным практическим подходом для ее достижения" (р. 158).

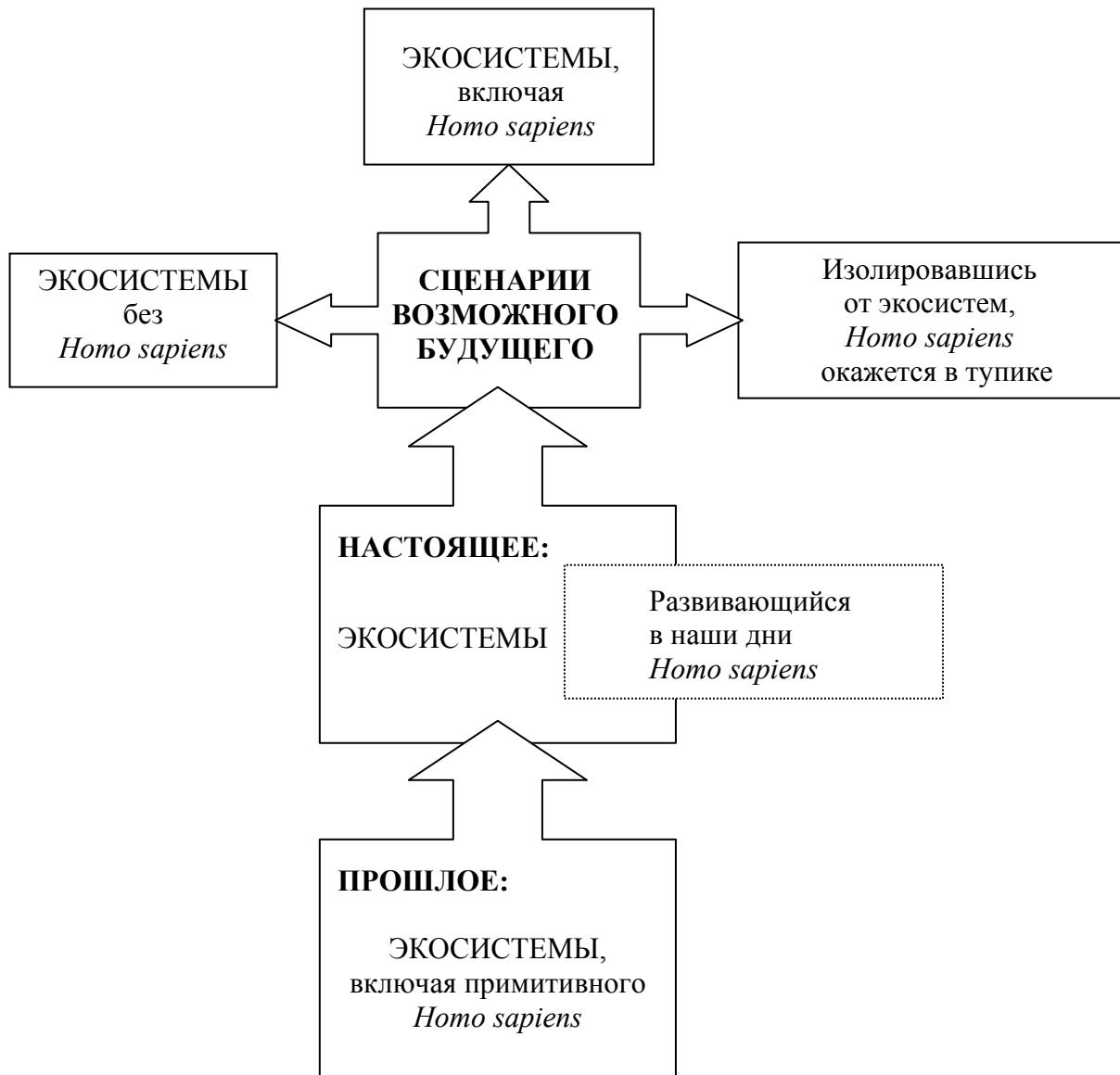


Рис. 2. Прошлое, настоящее и альтернативы будущего развития *H. sapiens* (вне экосистем или вернувшегося в экосистемы)

Fig. 2. Past, present and alternatives for a future development of *H. sapiens* (out of ecosystems or returned into ecosystems)

Новый научно-обоснованный этический кодекс существования *H. sapiens* в биосфере должен быть, естественно, эгоцентрическим с его корнями в научном экологическом исследовании, а именно опираться на экологическую этику. "Экоэтика отличается от исторической этики. Объект экоэтики - это не отдельный вид, а сообщества различных сосуществующих форм жизни" [35] (с. 1).

Специалист по радиационной защите окружающей среды в США проф. Катрин А. Хиглей свидетельствует: "В Соединенных Штатах от нас требуется демонстрация нашей деятельности, включающей радиоактивные материалы, что она, в общем, охраняет окружающую среду. Без **основанного на биоте стандарта** (biota-based standard) [выделено в оригинале - Г.Г.П.], мы вынуждены, для использования в качестве метрики, предполагать

защиту, в которой применяются в целях сравнения стандарты для человека [27] (с. 259). И далее она предлагает: "Пожалуй, более прямой подход к данному вопросу должен сосредоточиться на определении 'вех' (напр., норм для мощностей доз; лимитов доз; уровней воздействия), которые вместе с приемлемым определением защиты объекта воздействия (популяция; иное), могли бы послужить в качестве ясного ответа для общественности" (р. 259).

По нашему мнению, концептуальная модель, представленная на рис. 1 [41], и ее анализ, проведенный в настоящей статье, могут рассматриваться в качестве начала для практической реализации упомянутого выше предложения [27] о необходимости формирования **основанного на биоте стандарта**. Если мы нанесем на абсциссе графика этого рисунка величины мощностей доз, вызывающих самые радиочувствительные эффекты у наиболее чувствительных видов (стадий онтогенетического развития) при хроническом облучении, то останется дело за научным умозаключением: какой наименьшей величиной мощности дозы мы обоснованно обеспечим защиту биоты, независимо от наличия стандартов радиационной защиты для людей. Можно выражать ее в терминах предложенных выше названий радиационных зон - "Зона радиационного благополучия", "Зона физиологической маскировки", "Зона экологической маскировки", "Зона поражения экосистем" [41] – или/и в величинах количественного превышения изучаемой мощности дозы над естественным радиационным фоном [1, 39, 41]. В порядке сопоставления можно сравнивать ее с радиационными стандартами для людей. Все они будут вполне ясны для понимания общественности. **Стандарт, основанный на человеке** (man-based standard), находится внутри "Зоны радиационного благополучия". И мое предложение состоит в том, чтобы не переходить границы "Зоны физиологической маскировки" для **основанного на биоте стандарта**.

Одна из больших задач, вставшая перед радиобиологами и радиоэкологами на основе обращения ООН о необходимости сохранения **'биоразнообразия'** [50], состоит в выполнении исследований по сравнению радиочувствительности представителей всех экологически и генетически наиболее важных групп живых существ, а также видов, исчезающих, редких и находящихся под угрозой вредного воздействия, для восполнения существующего в настоящее время огромного пробела в научном знании. При этом, по моему мнению, приоритет должен принадлежать, прежде всего, изучению видов с вероятной наибольшей радиочувствительностью. Отмеченная выше задача требует интенсифицировать процесс установления для видов биоты: мощности дозы, дозовые пределы, прогнозируемые уровни и возможные пределы с достаточно высокой представительностью всех ключевых таксонов и таксономических групп при исчерпывающем числе радионуклидов, используемых в качестве излучателей.

В конкретных рамках обсуждаемой проблемы по радиационной защите биосферы предлагаю условиться понимать под "окружающей средой" ("environment") систему, состоящую (а) из передовой линии "радиоэкологической тревоги", чувствительного форпоста биосферы, наиболее радиочувствительных таксонов (включая стадии их развития), и (б) из остальных менее радиочувствительных видов (в порядке их приуроченности к соответствующим зонам), связанных в сеть экосистемы [26, 45] с их трудно предсказуемой последующей реакцией на выпадение тех или иных биологических звеньев этой сети. Под защитой окружающей среды предлагаю понимать защиту, прежде всего ее "линии радиоэкологической тревоги" – наиболее радиочувствительных видов в биосфере. В этом отношении может быть полезно дифференцированное понятие 'экологической толерантной емкости', измеряемой количественными показателями ра-

диочувствительных функций наиболее радиочувствительных биологических видов [11, 43] и зависящей от их межвидовых связей и процессов внутри сообщества [26] в экосистемах. Если экологическая ассимиляционная емкость [12] показывает эффективность самоочистки экосистемы (в количественных понятиях потоков и их соотношения), то экологическая толерантная емкость демонстрирует наибольшую чувствительность экосистем (в количественных понятиях уровня радиочувствительности видов или стадий их развития в Гр за год, или точнее, в Зв за год). С эоцентрической точки зрения достижение пределов толерантности живых компонентов сообщества – достаточный сигнал для принятия практических решений в соответствии с принципом защиты биоразнообразия. С антропоцентрической же точки зрения это может ничего не значить, если радиочувствительные виды не представляют прямой жизненной или экономической важности для человека.

Генеральное обобщение представляется возможным сформулировать в следующем виде. Антропоцентризм в радиационной защите биосферы на современном этапе означает намерение защитить от вредного действия ионизирующих излучений, наряду с человеком, также и доступную окружающую среду для ее практического использования человеком. Эоцентризм в радиационной защите биосферы намерен, в соответствии с принципами сохранения биоразнообразия и обеспечения устойчивого развития [49, 50], а также положениями экоэтики [35, 44], защитить экосистемы – основу существования и условие благополучия всех видов, включая человека. Че-

ловек Разумный морально обязан нести ответственность за другие биологические виды, сообщества и экосистемы. Иначе Биосфера обойдется без *H. sapiens*.

Следует подчеркнуть, что конечная благородная цель у обоих подходов в радиационной защите – антропоцентрического и эоцентрического – одна и та же: обеспечение благоденствия человечества. Однако первый из них не может гарантировать достижения этой цели, т.к. нельзя защитить один из элементов (*H. sapiens*) целостной системы (экосистемы), не защищая всю систему, начиная с самых радиочувствительных видов. Экосистема, как теперь хорошо известно, включает в себя также более радиочувствительные виды растений и животных, чем человек. Поэтому эстафета радиационной защиты биосферы (путем "сравнительно простой адаптации антропоцентрического подхода к 'видоцентрическому'" [7] и "выработки синтетической позиции, обеспечивающей одновременно охрану здоровья и человека, и всех других организмов" [1]) должна, на основе принципов экоэтики [2, 22, 35, 44], перейти к развивающемуся перспективному эоцентрическому подходу. Успех в радиационной защите может быть достигнут только при условии развертывания программы дальнейшего целенаправленного поиска и обширных радиоэкологических исследований наиболее радиочувствительных видов живых организмов (и стадий их развития) в морских, пресноводных и наземных экосистемах - во всех составных частях биосферы Земли.

1. Алексахин Р. М., Фесенко С. В. Радиационная защита окружающей среды: антропоцентрический и эоцентрический принципы // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2004.- 44, 1. - С. 93 - 103.
2. Брешиный Ф., Поликарпов Г., Отон Д. и др. Охрана окружающей среды в XXI-м веке: ра-

- диационная защита биосферы, включая человечество (Заявление Международного Союза Радиоэкологии) // Морський екологічний журнал. - 2002. – 2, 2. - С. 102 - 105.
3. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. - М.: Наука, 1965. - 374 с.
4. Воробьев Е. И., Ильин Л. А., Книжников В. А. и др. Актуальные проблемы радиационной эко-

- логии и гигиены в ядерной энергетике // Атомная энергия. - 1977. - **43**, вып. 5. - С. 374 - 396.
5. Григорьев Ю. Г. Космическая радиобиология. - М.: Энергоатомиздат, 1982. - 175 с.
 6. Казаков С. В. Принципы оценки радиэкологического состояния водных объектов // Радиационная биология. Радиэкология. - 2004. - **44**, 6. - С. 694 - 704.
 7. Казаков С. В., Линге И. И. О гигиеническом и экологическом подходах в радиационной защите // Радиационная биология. Радиэкология. - 2004. - **44**, 4. - С. 482 - 492.
 8. Никольский Г. В. Частная ихтиология, 3 изд. - М.: Наука, 1971. - 458 с.
 9. Поликарпов Г. Г. Радиоизотопы и ионизирующие излучения в морской биологии // Труды Севастопольской биологической станции АН СССР. - 1960. - **13**. - С. 275 - 292. (Перевод на англ. яз.: JPRS 20, 630, 1 - 25 p.).
 10. Поликарпов Г. Г. Радиэкология морских организмов. - М.: Атомиздат, 1964. - 295 с.
 11. Поликарпов Г. Г. Экологические основы охраны гидросферы от антропогенных воздействий // Гидробиологический журнал. - 1981. - **17**, вып. 6. - С. 3 - 10.
 12. Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н. Морская динамическая радиохемозоология. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 176 с.
 13. Поликарпов Г. Г., Цицугіна В. Г. Порівняльна оцінка біологічного впливу радіоактивних та хімічних забруднень у водоймах зони відчуження ЧАЕС і у водоймах Дніпровського каскаду // Бюлетень Екологічного Стану Зони Відчуження Безумовного Відсеління. - 1999. - **14**. - С. 22 - 25.
 14. Романов Г. Н., Спиринов Д. А. Действие ионизирующих излучений на живую природу при уровнях, превышающих современные стандарты радиационной безопасности // Доклады Академии наук СССР. - 1991. - **318**, 1. - С. 248 - 251.
 15. Тимофеев-Ресовский Н. В. Биосфера и человечество // Научные Труды Обнинского отделения Географического общества СССР, Обнинск. - 1968. - Сб. 1, ч. 1. - С. 3 - 12.
 16. Тимофеева-Ресовская Е. А. Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов // Труды Института биологии Уральского Филиала АН СССР, Свердловск. - 1963. - вып. 30. - С. 1 - 78.
 17. Шеханова И. А. Радиэкология рыб. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 208 с.
 18. Aarkrog A. Inventory of nuclear releases in the World // Proc. of the NATO Advanced Study Institute on Radio-Active Contaminated Site Restoration (Zarechny, Sverdlovsk, Russia, June 19 - 28, 1995). - Sverdlovsk, 1995. - P. 31 - 43.
 19. Auerbach S. I. Ecological consideration in siting of nuclear power plants: the long-term biotic effects problems // Nuclear Safety. - 1971. - **12**, P. 25.
 20. Bourdeau Ph. The man-nature relationship and environmental ethics // J. Environ. Radioactivity. - 2004. - **72**, 1-2. - P. 9 - 15.
 21. Bourdeau Ph., Fasella P. M., Teller A. (Eds). Environmental Ethics. Man's Relationship with Nature, Interactions with Science // Sixth Economic Summit Conference on Bioethics (Val Duchesse, Brussels, 10 - 12 May, 1989): Publ. by the Commission of the European Communities. Telecommunications, Information, Industries and Innovation. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. - 1990. - 325 p.
 22. Brechignac F., Polikarpov G., Oughton D. H. et al. Protection of the environment in the 21st century: radiation protection of the biosphere including humankind. Statement of the International Union of Radioecology // J. Environ. Radioactivity - 2003. - **70**, 3, P. 155 - 159.
 23. Cherry R. D. Alpha-radioactivity of plankton // Nature. - 1964. - **203**, 4941, P. 139 - 143.
 24. Florou H., Tsytsugina V., Polikarpov G. G. et al. Field observations of the effects of protracted low levels of ionizing radiation on natural aquatic population by using a cytogenetic tool // J. Environ. Radioactivity. - 2004. - **75**. - P. 267 - 283.
 25. Folsom T. R., Harley J. H. Comparison of some natural radiations received by selected organisms // The Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries. - Washington, D.C.: Pubs Natn. Res. Coun./ (NAS - NRC), 1957 - Publ. **551**. - P. 28 - 33.
 26. Fuma S., Ishii N., Takeda N. et al. Ecological effects of various toxic agents on the aquatic microcosm in comparison with acute ionizing radiation // J. Environm. Radioactivity. - 2003. - **67**. - P. 1 - 14.
 27. Higley K. A., Alexakhin R. M. Dose limits for man do not adequately protect the ecosystem. (J. C. McDonald, Moderator) // Radiation Protection Dosimetry. - 2004. - **109**, 3. - P. 257 - 264.

28. IAEA. International Agency on Atomic Energy. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms and Ecosystems. - Vienna, Austria: IAEA, Technical Reports Series, 1976. - № 172. - 131 p.
29. IAEA. International Agency on Atomic Energy. Ethical Considerations in Protecting the Environment from the Effects of Ionizing Radiation. - Vienna, Austria: IAEA, 2002 - TECDOC-1270. - 29 p.
30. ICRP. International Commission on Radiological Protection (Adopted 17 Sept. 1965). - London, New York: Pergamon Press, ICRP Publication 9, 1966. - 20 p.
31. ICRP. International Commission on Radiological Protection. 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. - Oxford, NY, Seoul, Tokyo: Pergamon Press, ICRP Publication 60, 1991. - Annals of the IRCP, **21**, 1-3. - P. 1 - 201.
32. ICRP. International Commission on Radiological Protection. A framework for assessing the impact of ionizing radiation on non-human species. - Oxford: Pergamon Press, ICRP Publication 91, 2003. - Annals of the IRCP **33**, 3. - P. 201 - 226.
33. IUR. International Union of Radioecology. Protection of the environment. Current state and future work. - Oslo, Norway: IUR Report, 2003 (<http://www.iur-iur.org>).
34. Kinne O. Ethics and eco-ethics // Mar. Ecol. Progr. Ser. - 1997. - **153**. - P. 1 - 3.
35. Kinne O. Eco-ethics further developed text 01.05.2002 // EEIU Brochure. - Oldendorf/Luhe: Inter-Research, 2002. - P. 1 - 6.
36. Larger K. F., Bardach J. E., Miller R. R. Ichthyology. - New York : John Wiley & Sons, Inc., 1962. - 300 p.
37. Pentreath R. J. Radiation protection of people and the environment: developing a common approach // J. Radiol. Prot. - 2002. - **22**, 1. - P. 45 - 56.
38. Polikarpov G. G. Radioecology of Aquatic Organisms. - Amsterdam: North-Holland Publ. Co; New York: Reinhold Book Division, 1966. - 314 p.
39. Polikarpov G.G. Effects of ionizing radiation upon aquatic organisms (Chronic irradiation) // Atti della Giornata sul tema Alcuni Aspetti di Radioecologia. Associazione Italiana di Fisica Sanitaria e Protezione Contro le Radiazioni. XX Congresso Nazionale (Bologna, 1977): Proc. - Poligrafici Parma-Bologna, giugno 1978. - P. 25 - 46.
40. Polikarpov G. G. Radiation hydrobiology: beginning to the present (1896-1979) / Ed. by Patel B. Management of Environment. - New Delhi: Wiley Eastern Ltd., 1980. - P. 287 - 301.
41. Polikarpov G. G. Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment // Radiation Protection Dosimetry. - 1998a. - **75**, 1-4. - P. 181 - 185.
42. Polikarpov G. G. Biological aspect of radioecology: objective and perspective // Internat. Workshop Comparative Evaluation of Environmental Toxicants - Health Effects of Environmental Toxicants Derived from Advanced Technologies (Chiba, Jan. 28-30, 1998): Proc. - Nat. Institute of Radiological Sciences. Japan. - 1998b. - P. 3 - 15.
43. Polikarpov G. G. Effects of nuclear and non-nuclear pollutants on marine ecosystems // Symposium Marine Pollution (Monaco, 6-9 Oct. 1998): Proc. - Vienna: IAEA, IAEA-TECDOC-1094, - July 1999. - P. 38 - 43.
44. Polikarpov G. G. The future of radioecology: in partnership with chemo-ecology and eco-ethics // Millenium editorial series. J. Environ. Radioactivity. - 2001. - **53**, 1. - P. 5 - 8.
45. Polikarpov G.G., Zaitsev Y. P., Fuma S. Equidosemetry of deleterious factors at the level of populations and communities of aquatic organisms // Marine Ecol. Journ. (Sevastopol, Ukraine). - 2004. - **III**, 2. - P. 5 - 14.
46. Rice D. W. A list of the marine mammals of the World. - NOAA Techn. Rep. NMFS SSRF-711, US Dept. of Commerce, 1977. - 50 p.
47. Trabidou G., Florou H., Catsicis J. Radiological study in marine areas of mineral thermal spa // 50th Panhellenic Conference of Environmental Science and Technology (Lesbos, Greece, 1-4 Sept. 1997): Proc. - Aegean University, Molyvos, 1997. - P. 95 - 102.
48. Tsytugina V. G., Polikarpov G. G. Radiological effects on populations of Oligochaeta in the Chernobyl contaminated zone // J. Environ. Radioactivity. - 2003. - **66**. - P. 141 - 154.
49. UN, United Nations. Rio Declaration of Environment and Development. - Rio de Janeiro: (New York, UN), 1992a. - 10 p.
50. UN, United Nations. Conference on Environment and Development. - Convention on Biological Diversity/(New York, UN), 1992b. - 200 p.

51. UNSCEAR, United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation // United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation/ 1993 Report to the General Assembly, with annexes. - New York: United Nations, 1993. - 922 p.
52. US DOE, United States Department of Energy. Graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota. - DOE Technical Standard, DOE-STD-1153. Washington: US DOE, July 2002. - 700 p.
53. *Whicker F. W., Schultz V.* Radioecology: Nuclear Energy and the Environment. - Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc, 1982. - I (212 p.) & II (228 p.).
54. *Woodhead D. S.* The effects of chronic irradiation on the breeding performance of the guppy, *Poecilia reticulata* (Osteichthyes: Teleostei) // Int. J. Radiat. Biol. - 1977. - **32**, 1. - P. 1 - 22.
55. *Woodhead D. S.* Dosimetry and the assessment of environmental effects of radiation exposure // Sir Warner F., Harrison R. M. Radioecology after Chernobyl: Biogeochemical Pathways of Artificial Radionuclides, SCOPE 50. - Chichester: John Wiley & Sons, 1993. - P. 291 - 306.

Поступила 10 января 2006 г.

Радіаційний захист біосфери, включно *Homo sapiens*: вибір принципів та пошук рішення. Г. Г. **Полікарпов.** Висунут підсумок розгляду найважливіших аспектів цієї проблеми. Пропонується розгорнена формулювання радіаційної безпеки біосфери: "Захищена від шкідливого впливу іонізуючих випромінювань біосфера забезпечить радіаційну безпеку та повноцінну життєздатність людства" або коротко: "Захищена біосфера - захищена також людина".

Ключеві слова: радіоекологія, радіаційний захист, іонізуючі випромінювання, радіоактивність, морська, прісноводна та наземна біота, екосистеми, біосфера, антропоцентризм, екоцентризм, екоетика

Radiation protection of biosphere, including *Homo sapiens*: principles selection and search for solution. G. G. **Polikarpov.** Considerations results of main aspects of this problem have been presented. Detailed formulation of radiation protection of biosphere is proposed: 'Biosphere protected against harmful effects of ionising radiation will ensure radiation protection and complete viability of mankind' or briefly: 'If biosphere is protected, man is automatically protected'.

Key words: radioecology, radiation protection, ionising radiations, radioactivity, marine, freshwater and terrestrial biota, ecosystems, biosphere, anthropocentrism, ecocentrism, eco-ethics