

МОРСКАЯ РАДИОЭКОЛОГИЯ В АКАДЕМИЯХ НАУК РОССИИ И УКРАИНЫ

© 1999 г. Г. Г. Поликарпов

Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь 335011, Украина

Представлен краткий очерк становления и развития морской радиоэкологии в Российской Академии наук и Национальной Академии наук Украины с конца XIX до конца XX в. Сформулированы основные итоги, дан прогноз ожидаемых научных перспектив.

Ключевые слова: радиоэкология, история, академические исследования.

Marine radioecology at the academies of sciences of Russia and Ukraine. G. G. Polikarpov (Institute of the Biology of Southern Seas, National Academy of Sciences of the Ukraine, Sevastopol 335011, Ukraine)

The author presents a synopsis of the formation and development of marine radioecology at the Russian Academy of Sciences and the National Academy of Sciences of the Ukraine from the end of XIX to the end of XX century. Main results and prospects are formulated. (Biologiya Morya, Vladivostok, 1999, vol. 25, no. 6, pp. 475–479).

Key words: radioecology, history, academic studies.

Радиоэкология как наука о взаимодействии морских и наземных экосистем с ионизирующими излучениями и их источниками в окружающей среде – радионуклидами (Кузин, Передельский, 1956; Odum, 1956; Поликарпов, 1964, 1987, 1994; Polikarpov, 1966; Whicker, Schultz, 1982), заявила о себе в 1896 г. именно в России работой проф. Ивана Романовича Тарханова "Опыты надъ действием Рентгеновскихъ X-лучей на животный организм". Она была выполнена в Физиологической лаборатории Академии наук в Санкт-Петербурге (Тархановъ, 1896). Это была первая в мировой литературе публикация по действию рентгеновских лучей (на следующий же год после их открытия К. Рентгеном в 1895 г.) на водных обитателей (амфибий, водные растения), в том числе на морских (икру миног), а также на насекомых (двукрылых и чешуекрылых).

НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП

Вот как описывает сам И.Р. Тарханов результаты своего исследования, которое как пионерное заслуживает цитирования и через 103 г. – в год 275-летия Российской Академии наук: "Въ заключение этого краткого сообщения мы видимъ, что X-лучи могутъ служить не только для фотографирования и для діагноза, какъ это думали до сихъ поръ, но и для воздействия на организмъ..." (с. 52).

В 1923 г. проф. Н.В. Гаевская (Gajewska, 1923) опубликовала обстоятельную для того времени статью "Действие рентгеновских лучей на *Artemia salina*", в которой был поставлен вопрос и о возможной биологической роли излучений радия в повышенных концентрациях в соляных озерах у Севастополя.

Вслед за обнаружением в 1896 г. А. Беккерелем явления естественной радиоактивности (Adloff, 1997) последовали общие с радиоэкологией биогеохимические исследования нахождения, распределения и миграции радиоэлементов в природе. К счастью, Россия и Украина, а затем и СССР включились в процесс разра-

ботки проблем радиоактивности на самых первых этапах, благодаря прямому сотрудничеству ученых, и прежде всего молодого в то время исследователя В.И. Вернадского с Пьером и Марией Кюри в Париже (Polikarpov, 1997).

В.И. Вернадский, ставший впоследствии академиком Российской (затем АН СССР), Украинской (позднее АН УССР), Чехословацкой и Парижской Академий наук, был инициатором изучения естественной (морской, пресноводной и наземной) радиоактивности в России, на Украине, далее – в СССР. Он организовал Радиевый институт в Ленинграде, Отдел морской химии в Океанографическом институте (Ленинград), Биогеохимическую лабораторию (позже преобразованную в Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР), возглавил исследования и Лабораторию по радио и живому веществу в Киевском университете; оказывал влияние в этой области и как первый Президент Академии наук Украины (Киев), ректор Таврического университета (Симферополь), начальник ряда экспедиций в Европе и Азии.

В 20-е гг. В.И. Вернадский создал учение о биосфере, рассматривающее роль в ней явления радиоактивности (Вернадский, 1940). В его работе "О концентрации радия живыми организмами" (Вернадский, 1929) на примере гидрофитов (двух видов ряски) вводится соотношение, получившее впоследствии название коэффициента накопления в биогеохимии, биогеоценологии и радиоэкологии.

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Термины "радиоэкология", "радиационная экология", "радиоактивная экология" и "радиационная биогеоценология" впервые появились в научной печати в 1956–1957 гг. (Кузин, Передельский, 1956; Odum, 1956; Тимофеев-Ресовский, 1957). Однако начали их применять в атомных центрах США с 50-х гг. (Stannard, 1988). В середине 50-х гг. они были в ходу в Институте

биологической физики АН СССР. Ставший классическим термин "радиационная биогеоэкология" предложен Н.В. Тимофеевым-Ресовским и использовался им в "Челябинске-40" с конца 40-х до начала 50-х гг. Затем этот термин стал широко использоваться в Институте биологии Уральского филиала АН СССР и в отечественной литературе. С нашей точки зрения, "радиационная биогеоэкология" представляет собой основную область радиоэкологии.

Крупная сводка по элементарному составу морских организмов, в том числе по природным радиоэлементам морских организмов была опубликована акад. АН СССР А.П. Виноградовым в 1935–1944 и 1953 гг. (Vinogradov, 1953). Развитие ядерной промышленности, испытания и применение ядерного оружия породили проблемы радиоактивного загрязнения морей и океанов, а также удаления радиоактивных отходов в гидросферу. На эти проблемы в СССР откликнулись чл.-корр. АН УССР В.А. Водяницкий (1958), чл.-корр. АН СССР В.Г. Богоров, акад. АН СССР Е.М. Крепс (Богоров, Крепс, 1958) и др.

Судьба распорядилась так, что в этот процесс включился, среди многих других, и автор этих строк, зоолог экологического профиля по университетскому образованию, аспирант по биофизике (1953–1956 гг.), избравший специализацию по радиационной биофизике (которую впоследствии выделили в качестве отдельной научной дисциплины под названием "радиобиология") и выполнивший на Кафедре биофизики МГУ в 1956 г. диссертационную работу "Исследование реакций радиационного последствия у *Pelmatohydra oligactis*". Это было время бурного становления новых сложных и трудоемких двойных областей науки с приставками: "радиационная", "радио-", "ядерная" и т.д. Сформировался Научный совет по радиобиологии АН СССР под председательством вначале директора Института биофизики Минздрава СССР акад. АМН СССР А.В. Лебединского, затем директора Института биофизики АН СССР чл.-корр. АН СССР А.М. Кузина и в настоящее время директора Института биохимической физики проф. Е.Б. Бурлаковой, с секциями по миграции радионуклидов, действию малых доз и др. Активно действовал Всесоюзный изотопный практикум в биологии под руководством проф. И.Н. Верховской. Работала Всесоюзная контора "Изотоп". Заметную роль в координации работ по радиоактивности морей и океанов выполнял Госкомитет по использованию атомной энергии СССР.

В системе АН СССР проводились исследования по морской радиоэкологии и смежным с ней проблемам радиоактивного загрязнения морей, основными были исследования по радиоэкологии морских организмов (с 1956 г.), организованные под руководством автора этой статьи на Севастопольской биологической станции им. А.О. Ковалевского АН СССР (преобразованной в дальнейшем в Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского АН УССР, а ныне НАНУ); по радионуклидам группы периодической системы Д.И. Менделеева в морских животных – под руководством проф. И.А. Скульского в Институте эволюционной физиоло-

гии и биохимии; по радиохимии морских вод – под руководством к.х.н. Н.И. Попова в Институте океанологии; по радиоактивным выпадениям – под руководством проф. В.П. Шведова в Радиовом институте им. Н.Г. Хлопина и в Морском гидрофизическом институте – Группа ядерной гидрофизики д.ф.-м.н., впоследствии акад. АН УССР Б.А. Нелепо. Важную роль в развитии морской и водной радиоэкологии сыграли также Всесоюзное гидробиологическое общество (Президент акад. АН СССР Л.А. Зенкевич) и Научный совет по гидробиологии, ихтиологии и использованию водных ресурсов АН СССР под руководством чл.-корр. АН СССР Г.В. Никольского и впоследствии акад. АН СССР Л.М. Сушени.

Сводка "Радиоактивные изотопы и ионизирующие излучения в морской биологии" и первые монографии по морской радиоэкологии (Поликарпов, 1960, 1964; Polikarpov, 1966) послужили началом развития целого ряда направлений в этой и смежных областях: морской радиохеомозкологии (Поликарпов и др., 1977), морской динамической радиохеомозкологии (Поликарпов, Егоров, 1986), морской молисмологии (от греческого слова "молисмос", что означает "загрязнение") – раздела исследований, изучающего загрязнение (Поликарпов и др., 1992). Издан библиографический указатель многочисленных работ коллектива морских радиоэкологов ИнБЮМ за 1957–1985 гг. (Эксузьян, 1985). Исследования в области радиационной и химической биологии на Севастопольской биологической станции АН СССР и в Институте биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАНУ за 1956–1994 гг. были обобщены к 100-летию юбилею со дня рождения чл.-корр. АН УССР В.А. Водяницкого (Поликарпов и др., 1994).

В последние пять лет (до юбилея Российской Академии наук в 1999 г.) названный выше коллектив еще более активно включился в международные проекты МАГАТЭ, Международного союза радиоэкологии, ИНТАС и др. Это позволило выполнить как экспедиционные работы на лучшем в Черном море и вполне конкурентоспособном в Средиземном море НИС ИнБЮМ "Профессор Водяницкий", так и провести экспериментальные исследования в специальном радиобиологическом корпусе ИнБЮМ. Полученные материалы опубликованы недавно в международных журналах (Egorov et al., 1999), а также представлены на международных форумах, в том числе таких как "Радионуклиды в океанах", 7–11 апреля 1997 г. в Англии (Polikarpov, 1998b; Tsytugina, 1998); "Сравнительная оценка токсикантов в среде", 28–30 января 1998 г. в Японии (Polikarpov, 1998a), "Загрязнение морей", 5–9 октября 1998 г. в Монако, МАГАТЭ (Polikarpov, 1998c; Tsytugina, 1998). Кроме названных выше исследований, мониторинговые работы по радиоактивному загрязнению в морях, омывающих Россию, развернуты сравнительно недавно в Мурманском морском биологическом институте РАН (Matishov et al., 1999) и в учреждениях Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации (Lystsov, 1993), а также Роскомгидромета (Kryshev, Sazykina, 1995).

Во время существования СССР были подготовлены кадры морских и водных радиоэкологов для Академий наук России, Украины, Литвы, Латвии и Азербайджана.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сложный путь прошла отечественная академическая морская радиоэкология, сделавшая первый шаг еще в прошлом веке (Тархановъ, 1896) и продолжающая активно развиваться, сотрудничая с первоклассными научными центрами различных стран и неизменно входя составной частью в Научный совет Российской Академии наук по проблемам радиобиологии, а также в Международный союз радиоэкологии (Newsletters, IUR, № 32, 1998; № 33, 1999) и Международный союз экоэтики (Eco-Ethics International Union, 1998).

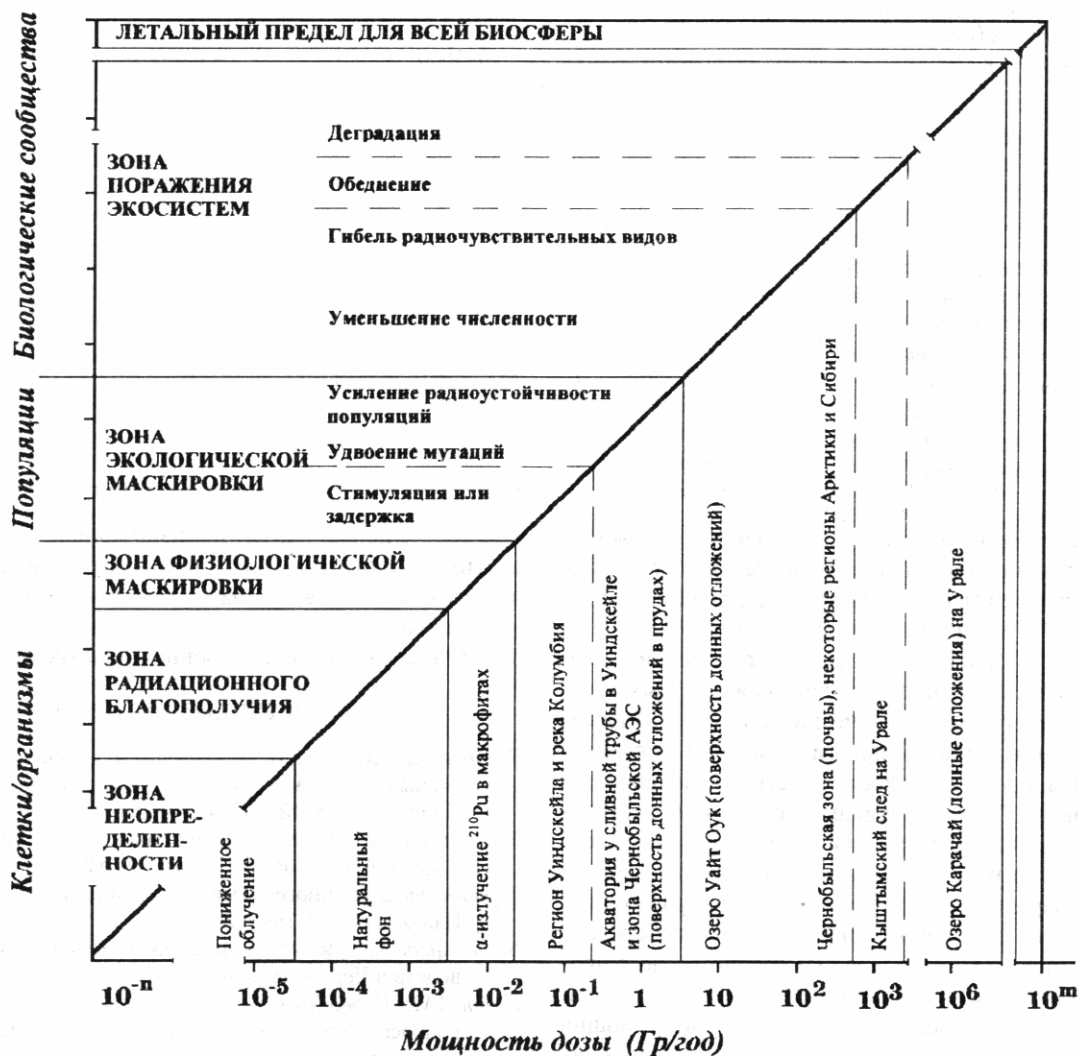
Каковы же самые основные итоги развития и каковы перспективы морской радиоэкологии в обозримом будущем? Каковы возможные "точки приложения" радиоэкологии в связи с развитием и применением новейших технологий?

1. Создана общая ("черно-белая") картина долгосрочного хронического действия во всем реальном и

мыслимом диапазоне мощностей доз ионизирующих излучений на все уровни организации жизни – организмы, популяции, биоценозы и экосистемы, как морские, так и неморские (см. рисунок). В перспективе – разработка в XXI в. во всех необходимых деталях названной выше ("цветной") картины с учетом огромного разнообразия биологических и небιологических процессов и факторов в биосфере, наибольшая часть которой приходится на Мировой океан.

2. Сделан первый шаг по определению эквивалентности между действием ионизирующих излучений и неядерных загрязнений на состояние водных экосистем в общих, а именно в радиобиологических единицах, Гр/год (см. таблицу). Впереди наработка материалов и формирование системы количественных выражений экологического действия любых неядерных факторов в эквивалентных дозах хронического облучения (мощностях доз) ионизирующих излучений, Гр/год и Зв/год.

3. Радиоэкологи видят в будущем необходимость опережающего изучения радиоэкологических закономерностей потенциально высоких мощностей доз ионизирующих излучений, эффективных для природных



Зоны мощностей доз ионизирующих излучений и их действие в биосфере.

Ущерб биоценозам и популяциям Черного моря, причиненный ядерными и неядерными загрязнениями в 60–90-е гг. (Polikarpov, 1998c)

Процент погибших биоценозов и популяций (Zaitsev, Mamaev, 1997)	Летальные хронические дозы ионизирующей радиации, Гр (Woodhead, 1993)	Эквивалентные летальные хронические дозы неядерных загрязнений, Гр/год, А	Мощности доз от ядерных источников в морской среде, Гр/год, В (Перцов, 1978; Поликарпов, Егоров, 1986; Polikarpov et al., 1994)	Отношение А/В
Для Thallophyta (включая водоросли)				
Биоценоз <i>Cystoseira barbata</i> – уничтожено > 99% (эвтрофикацией и загрязнением)	180–72000	180–72000	< 0.005	10^4 – 10^7
Биоценоз <i>Phyllophora</i> – уничтожено 97% (эвтрофикацией, загрязнением и мутностью)	180–72000	180–72000	< 0.005	10^4 – 10^7
Для Mollusca				
Популяция <i>Ostrea edulis</i> – уничтожено > 95% (мутностью)	600–6000	600–6000	< 0.007	10^5 – 10^6
Популяция <i>Mytilus galloprovincialis</i> – уничтожено 60% (эвтрофикацией)	600–6000	600–6000	< 0.007	10^5 – 10^6
Для Crustacea				
Популяции Crustacea (крабы, 14 видов, креветки, > 20 видов) – уничтожено 50–70 и 60% (переловом – крабы, гипоксией – креветки)	90–3600	90–3600	< 0.007	10^4 – 10^5
Для Pisces				
Популяции Gobiidae (20 видов) – уничтожено 80% (гипоксией и разрушением мест их размножения)	42–360	42–360	< 0.007	10^4 – 10^6
Для Mammalia				
Популяции Odontoceti (3 вида дельфинов, подвиды-эндемики) – уничтожено 90–95% (интоксикацией, загрязнением и при рыболовстве)	12–90	12–90	< 0.006	10^3 – 10^4
Популяция <i>Monachus monachus</i> – почти на 100% погибла (из-за отсутствия мест для размножения и вследствие интоксикации)	12–90	12–90	< 0.006	10^3 – 10^4

морских и наземных экосистем. В дальнейшем важно и неизбежно расширение масштаба исследований комбинированного действия ядерных и неядерных факторов на популяции и экосистемы в морях и на суше.

4. Резко возрастает значение исследований "малых" доз и интенсивностей воздействия ядерных в сочетании с неядерными (физическими и химическими) факторами как в связи с мирным развитием новейших технологий в промышленности быстроразвивающихся стран (Япония, США, Западная Европа) при неотвратимом загрязнении окружающей среды, так и при военном применении разных видов тяжелого оружия, в том числе при разрушении химических заводов, различного типа хранилищ, водных артерий, морского побережья, транспорта, а также при непреднамеренном, "по ошибке" или "случайном", попадании ракет или сбитых самолетов в атомные электростанции или управляющий ими персонал, либо при внезапном отключении их "графитовым оружием" от энергосети той или иной

страны. "Малые" дозы ионизирующих излучений и других токсикантов будут наблюдаться в акваториях, на территориях и в странах, расположенных вдалеке от зон "больших" доз при крупных авариях, во время террористических актов и особенно военных действий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богоров В.Г., Крепс Е.М. Возможно ли захоронение радиоактивных отходов в глубоководных впадинах океанов // Природа. 1958. № 9. С. 45–50.
- Вернадский В.И. О концентрации радиации живыми организмами // Докл. АН СССР. 1929. Сер. А, № 2. С. 33–34.
- Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. 1922–1932. М.: Изд. АН СССР. 1940. 249 с.
- Водяницкий В.А. Допустим ли сброс отходов атомных производств в Черное море // Природа. 1958. № 2. С. 46–52.
- Кузин А.М., Передельский А.А. Охрана природы и некоторые вопросы радиоактивно-экологических связей // Охрана природы и заповедное дело в СССР. Бюл. 1. М.: Изд-во АН СССР. 1956. С. 65–78.

- Перцов Л.А. Биологические аспекты радиоактивного загрязнения моря. М.: Атомиздат. 1978. 160 с.
- Поликарпов Г.Г. Радиоактивные изотопы и ионизирующие излучения в морской биологии // Тр. Севастоп. биол. ст. 1960. Т. 13. С. 275–292.
- Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов. М.: Атомиздат. 1964. 295 с.
- Поликарпов Г.Г. Развитие радиоэкологических исследований на морских и пресноводных водоемах СССР // Гидро-биол. журн. 1987. Т. 23, № 6. С. 29–38.
- Поликарпов Г.Г. Радиоэкология (1896–1994). Введение к семинару. Радиоэкология: успехи и перспективы. Севастополь: Международный союз радиоэкологов. Европейское отделение. 1994. С. 12–16.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Морская динамическая радиохемозология. М.: Энергоатомиздат. 1986. 176 с.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Кулебакина Л.Г. и др. Исследования в области радиационной и химической биологии в СБС АН СССР – ИнБИОМ НАНУ (1956–1994) // Морские биологические исследования. 100-летию юбилею со дня рождения Владимира Алексеевича Водяницкого посвящается. Севастополь: ИнБИОМ НАНУ. 1994. С. 183–212.
- Поликарпов Г.Г., Миронов О.Г., Егоров В.Н. и др. Молисмология Черного моря. Киев: Наукова думка. 1992. 303 с.
- Поликарпов Г.Г., Рисик Н.С., Зесенко А.Я. и др. Радиохемозология Черного моря. Киев: Наукова думка. 1977. 231 с.
- Тарханов И. Опыты над действием Рентгеновских X-лучей на животных организм // Изв. СПб. биол. лаб. 1896. Т. 1, № 3. С. 47–52.
- Тимофеев-Ресовский Н.В. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии // Бот. журн. 1957. Т. 42, № 2. С. 161–194.
- Эксузан З.М. Библиографический указатель работ ИнБИОМ АН УССР по проблеме "Радиационная и химическая биология" (1957–1982 гг.). Севастополь: ИнБИОМ АН УССР. 1985. 138 с.
- Adloff J.P. The centennial of the discovery of radioactivity // Radioprotection. Radionuclides in the oceans. RADOC 96–97, Cherbourg-Octeville (France), 7–11 October, 1996. Proceedings. Pt. 1: Inventories, behaviour and processes. Radioprotection – colloques. 1997. V. 32. P. C2–3–C2–11.
- Egorov V.N., Povinec P.P., Polikarpov G.G. et al. ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Black Sea after the Chernobyl NPP accident: inventories, balance and tracer applications // J. Environ. Radioactiv. 1999. V. 43, № 2. S. 137–155.
- Gajewskaja N. Einfluss der Roentgenstrahlen auf *Artemia salina* // Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Grund-Ver. Z. Kiel. 1923. Bd. 1. P. 359–362.
- Kryshev I.I., Sazykina T.G. Radiological consequences of radioactive contamination of the Kara and Barents Seas // J. Environ. Radioactiv. 1995. V. 29, № 3. P. 213–223.
- Lystov V.N. Radioactive waste disposal into the seas surrounding Russia (Resume of the findings of the Governmental Commission) // Загрязнение морей вокруг побережья СНГ (преимущественно Арктики): Материалы международной конференции, Архангельск, 19–23 июля 1993 г. Севастополь. 1993. Ч. 2. С. 40–41.
- Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A. et al. Anthropogenic radionuclides in Kola and Motovsky Bays of the Barents Sea, Russia // J. Environ. Radioactiv. 1999. V. 43, № 1. P. 77–88.
- Odum E.P. Consideration of the total environment in power reactor waste disposal // Proc. Int. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy. 1956. V. 13. P. 164–172.
- Polikarpov G.G. Radioecology of aquatic organisms. Amsterdam: North-Holland Publ. Co. 1966. 314 p.
- Polikarpov G.G. H. Becquerel – P. and M. Curie – V. Vernadsky and marine radioecology studies in Russia and Ukraine // Radioprotection. Radionuclides in the oceans. RADOC 96–97, Cherbourg-Octeville (France), 7–11 October, 1996. Proceedings. Pt. 1: Inventories, behaviour and processes. Radioprotection – colloques. 1997. V. 32. P. C2–13.
- Polikarpov G.G. Biological aspect of radioecology: objective and perspective // Comparative evaluation of environmental toxicants: Proc. Int. Workshop on Comparative Evaluation of Health Effects of Environmental Toxicants Derived from Advanced Technologies, Chiba, January 28–30, 1998. Tokyo: Kodansha Scientific LTD. 1998a. P. 3–15.
- Polikarpov G.G. Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment // Radiat. Prot. Dosim. 1998b. V. 75, № 1–4. P. 181–185.
- Polikarpov G.G. Effects of nuclear and non-nuclear pollutants on marine ecosystems // Int. Symp. on Marine Pollution, Monaco, 5–9 October, 1998: Extended Synopses. IAEA, OIC of UNESCO, IMO, CIESM. 1998c. P. 39–40.
- Polikarpov G.G., Zaitsev Y.P., Zats V.I., Radchenko L.A. Pollution of the Black Sea (levels and sources) // Proc. of the Black Sea Symp. 1991: Ecological problems and economical prospects. Istanbul: Black Sea Foundation for Education, Culture and Protection of Nature. 1994. P. 15–42.
- Stannard N.J. Radioactivity and health: a history. DOE/RL/01830-T59 (DE88013791) National Technical Information Service; Battelle Memorial Institute. 1988. P. 1963.
- Tsytugina V.G. An indicator of radiation effects in natural populations of aquatic organisms // Radiat. Prot. Dosim. 1998. V. 75, № 1–4. P. 171–173.
- Vinogradov A.P. The elementary chemical composition of marine organisms // Mem. Sears Found. Mar. Res. 1953. V. 2. 647 p.
- Whicker W.F., Schultz V. Radioecology: nuclear energy and the environment. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1982. V. 1. 212 p.
- Woodhead D.S. Dosimetry and the assessment of environmental effects of radiation exposure. Radioecology after Chernobyl. Biogeochemical pathways of artificial radionuclides, SCOPE50. 1993. P. 291–306.
- Zaitsev Y., Mamaev V. Marine biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline. New York: United Nations Publications. 1997. 208 p.