



УДК: 574/577:001.539.16(262.5)

Г. Г. Поликарпов, акад. НАН Украины, гл. н. с., **В. Н. Егоров**, чл.-корр. НАН Украины, гл. н. с.,
С. Б. Гулин, докт. биол. наук, зав. отд., **Н. Н. Терещенко**, канд. биол. наук, ст. н. с.

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

ИСТОРИЯ МОРСКОЙ РАДИОЭКОЛОГИИ И ЕЁ ДОЧЕРНИХ НАПРАВЛЕНИЙ В СБС АН СССР – ИнБЮМ НАН УКРАИНЫ (1956 – 2011)

Отражены научные этапы истории отдела радиационной и химической биологии (ОРХБ) ИнБЮМ НАН Украины, включающие развитие в нём морской радиоэкологии, радиохемозологии, молисмологии и биофизики моря на основе принципов общей биологии, биогеохимии и экоэтики в период 1956 – 2011 гг. Показан приоритет ИнБЮМ НАН Украины (в начальный период Севастопольской биологической станции АН СССР) в организации первых радиоэкологических исследований на Чёрном море и на всём Средиземноморском бассейне, а также приоритет в мировой литературе в монографическом изложении и обосновании понятий и проблем морской радиоэкологии (1964, 1966 гг.). Внесён вклад в защиту Чёрного моря против зарубежных предложениями о превращении его в могильник радиоактивных отходов (1950-ые гг.). Совместно с организациями многих стран обоснована необходимость прекращения испытаний ядерного оружия в открытых средах (1960 – 1963), а затем и удаления твёрдых радиоактивных отходов на дно океанов (1984 г.). Изучен отклик Чёрного моря (1986 – 2011) на аварию на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Изложено развитие новых важных дочерних научных направлений. Показано, что, вопреки ожиданиям, глубинная вода из сероводородной зоны Чёрного моря обладает (после окисления в ней сероводорода) свойствами высокопродуктивной среды для морских водорослей (1984 – 2010). С помощью современных радиогеохронологических методов изучен возраст слоёв глубоководных осадков – своеобразного банка «законсервированных» живых спор водных и наземных оксифионтов – в сероводородной батииали Чёрного моря (2007 – 2008). Выполнены крупные исследования и обобщения в новой приоритетной для ИнБЮМ области – по изучению биогеохимической и средообразующей роли обнаруженного ОРХБ в 1989 г. крупномасштабного явления, а именно, метановых газовыделений из черноморских глубин (1989 – 2011).

Ключевые слова: история морской биологии, морская радиоэкология, биофизика моря, глубоководная радиохемозология, экоэтика, авария на Чернобыльской АЭС, метановые сипы, Чёрное море, Севастопольская биологическая станция, Институт биологии южных морей, отдел радиационной и химической биологии.

С 1956 г. и по настоящее время в лаборатории радиобиологии Севастопольской биологической станции (СБС) им. А. О. Ковалевского АН СССР и её преемнике – отделе радиационной и химической биологии (ОРХБ) Института биологии южных морей (ИнБЮМ) им. А. О. Ковалевского НАН Украины почётное место занимают портреты выдающихся учёных, которые были нашими научными прародителями. На самом высшем уровне располагается портрет В. И. Вернадского, учителя

наших учителей, крупнейшего естествоиспытателя, создателя биогеохимии, радиогеологии и учения о биосфере, академика Петербургской (1909), Украинской (1918), Парижской (1928) академий наук, первого президента Украинской АН (ныне НАН Украины) (1918 – 1921) и ректора Таврического университета (1920 – 1921). Ниже находятся портреты его именитых последователей и почитателей – наших непосредственных учителей-профессоров из России и Украины: зоолога-эколога В. С. Елпатьевского

(Москва, Неаполь, Саратов), биофизиков Б. Н. Тарусова (Одесса, Москва) и Е. В. Бурлаковой (Москва), радиобиолога И. Н. Верховской (Москва), зоологов, биофизиков, генетиков, радиационных биогеоценологов Н. В. и Е. А. Тимофеевых-Ресовских (Киев, Москва, Берлин, Екатеринбург, Обнинск).

Пользуясь важным событием в жизни нашей Академии – 140-летием ИнБЮМ НАН Украины, подчёркиваем решающую и важнейшую роль в поддержке научного направления ОРХБ ИнБЮМ со стороны руководства АН УССР/НАН Украины, прежде всего, Президента НАН Украины академика Б. Е. Патона, директора Севастопольской биологической станции АН СССР и первого директора ИнБЮМ АН УССР члена-корреспондента АН УССР В. А. Водяницкого и в настоящее время – генерального директора Океанологического центра НАНУ, директора ИнБЮМ академика В. Н. Еремеева.

Объём статьи не позволяет (а) охватить все исторические события, связанные с ОРХБ; например, организованные ОРХБ на уровне председателя и спикера международные форумы, начиная с крупного ключевого симпозиума «Взаимодействие между водой и живым веществом» Международной Ассоциации по геохимии и космохимии (Одесса, 1975) и разработки долговременной, до 2000 г., одноимённой международной программы (1972), выступления с приглашёнными докладами, в том числе в Швеции (1966), США (1974), Италии (1977, 1993), Люксембурге (1990), Японии (1998), участие во многих важных внутригосударственных симпозиумах, организация лаборатории морской радиоэкологии в Институте океанологии АН Кубы, а также (б) назвать работы и имена всех сотрудников, в разное время работавших в ОРХБ. Рассчитываем посвятить этому отдельный коллективный труд.

Начало формирования и развития морской радиоэкологии и её производных. На СБС уже более полувека назад (в 1956 г.) одним из нас, Г. Г. Поликарповым, было начато создание и развитие морской радиоэкологии Морський екологічний журнал, № 2, Т. X. 2011

– новой тогда дисциплины на стыке радиационной биофизики, гидробиологии и биогеохимии моря. В качестве первопричины его приезда в Севастополь сработал «личностный фактор» – предшествовавшая учёба и дружба на биофаке Белорусского университета в конце 1940-х годов с М. П. Ароновым, который был на курс старше и впоследствии стал аспирантом-физиологом на СБС, а Г. Г. Поликарпов – аспирантом-биофизиком Саратовского и Московского университетов. Кстати, их третий друг в Минске – Л. М. Сушня – тогда тоже был студентом Белорусского госуниверситета, а с 1959 по 1971 г. работал сотрудником и заведующим отделом физиологии животных ИнБЮМ АН УССР. М. П. Аронов, будучи общительным человеком, с широкими интересами в науке, убедил Г. Г. Поликарпова предпочесть другим многочисленным предложениям распределение на СБС для полностью самостоятельных исследований. В связи с этим директор СБС проф. В. А. Водяницкий назначил встречу с будущим сотрудником в Москве зимой 1955 – 1956 учебного года, за которой последовал официальный запрос в Президиум АН СССР о распределении Г. Г. Поликарпова, оканчивающего в МГУ аспирантуру по биофизике, в качестве молодого специалиста на СБС. Так начиналась и была основана *морская радиоэкология* в принципиальном, как научная дисциплина, и в структурном, как научное подразделение, отношениях на черноморском бассейне под руководством названного выше специалиста, ставшего последовательно первым заведующим лабораторией и отделом радиобиологии/радиационной и химической биологии СБС АН СССР / ИнБЮМ НАН Украины, а с 1991 г. – главным научным сотрудником ОРХБ ИнБЮМ [17, 19, 55, 56]. Прибывшая с ним его супруга, Р. Ф. Поликарпова, была принята на работу препаратором-библиотекарем, а затем стала заведующей Научной библиотекой СБС / ИнБЮМ (1960 – 1985).

Одновременно с научными изысканиями в этой новой области и подготовкой научных кадров оперативно создавалась и

неуклонно усиливалась её материальная база. В первый, 1956-й, год она именовалась лабораторией биофизики. Однако выяснилось, что аналогичное название администрация СБС планировала для подразделения, изучавшего биомеханику – локомоции nektonных животных. Поэтому с 1957 г. наша лаборатория получила название: лаборатория радиобиологии. Эта лаборатория выросла в 1963-м в отдел радиобиологии, переименованный затем в отдел радиационной и химической биологии ИнБЮМ АН УССР / НАН Украины.

Заметим, что современное название нашего отдела является развёрнутым определением «*биофизики, как физико-химической биологии*». В данном случае акцент был сделан на изучении радиоактивности, как физического фактора среды и как метода исследования, а также на исследовании химических факторов среды (макро- и микроэлементов, органических соединений: биогенов и ксенобиотиков антропогенного и природного происхождения) и биогеохимических процессов, включая биофизические механизмы их протекания на разных уровнях организации живых систем, с широким использованием физико-химических, биологических, математических и технических методов исследования. Иными словами, название вернулось на исходные «круги своя» – к первоначальному смысловому названию «лаборатории биофизики». И поэтому вполне закономерно, что в 2006 г. проф. В. Н. Егоров, в то время заведовавший ОРХБ, был избран членом-корреспондентом НАН Украины по специальности «Биофизика моря».

Многолетние процедуры обоснования на всех уровнях в 1950-х - 1960-х годах и дальнейшего трудоёмкого проектирования радиобиологического корпуса, напряжённая борьба за его включение в план пятилеток, продолжение строительства – всё это при неизменной и решающей поддержке Президента АН УССР акад. Б. Е. Патона, директора СБС и ИнБЮМ чл.-корр. АН УССР В. А. Водяницкого (при его жизни – до 1971 г.), Научных Советов АН СССР и АН УССР по радиобиологии и гидро-

биологии и Океанографической комиссии АН СССР – были, наконец, завершены строительством. И наш отдел переместился в 1974 г. из центрального здания ИнБЮМ в специально выстроенный по нашей заявке и с нашим непосредственным участием в пятиэтажный радиобиологический корпус. Он расположен в выбранном из целого ряда последовательно предлагавшихся и отвергавшихся властями вариантов до начала проектирования (на м. Херсонес, в бухте Омега, на м. Константиновского рavelина) и, наконец, в окончательно выделенном городскими властями месте: у Мартыновой бухты. Это было удобно с точки зрения базирования и проведения исследований. Там расположен аварийный сток канализации г. Севастополя и имеется широкий выход в открытое море для плавсредств. И там же впоследствии обнаружен метановый сип, ставший объектом мониторинга «Метановый дозор». Из окон радиобиологического корпуса открывается величественный вид на древнегреческий город-государство – знаменитый национальный заповедник Херсонес Таврический, ежедневно напоминая о нерушимой преемственной научной связи, продолжительностью почти в два с половиной тысячелетия, между современной атомной эрой и её исходным началом в виде учения *Демокрита* (460 – 370 до н. э.) об атомизме. Демокрит создал также *этику, как науку*. В этом мы усматриваем изначальную связь современной эры *экологической этики* [22, 53] и древней эры научной этики Демокрита. В наше время человечество нуждается и зависит от гармонии, в первую очередь, между двумя сосуществующими современными эрами – атомной и эколого-этической [21 – 23, 32].

Отклонение предложений западных держав о захоронении ядерных отходов в Чёрное море. Среди самых первых практических и животрепещущих проблем в начальный период времени морской радиэкологии в Севастополе (1956 – 1960), наряду с приоритетной разработкой фундаментальных научных проблем, был и весьма принципиальный конкретный практический вопрос, поставлен-

ный перед отечественной и международной общественностью директором СБС проф. В. А. Водяницким [1] в статье «Допустим ли сброс отходов ядерных производств в Чёрное море?» в журнале АН СССР «Природа» в качестве острой реакции на соответствующую неожиданную инициативу в Конгрессе США. В конце 1950-х годов в лаборатории радиобиологии СБС уже были выполнены экспериментальные радиоэкологические исследования способности черноморских растений и животных накапливать важнейшие осколочные и наведенные радионуклиды из водной среды. Аккумулирующую способность гидробионтов количественно выражали в виде величин коэффициентов накопления [18, 55]. Результаты приоритетных исследований позволили дать радиоэкологически обоснованный ответ о недопустимости сброса отходов ядерных производств в Чёрное море [18]. В цитируемой статье «Материалы по коэффициентам накопления ^{32}P , ^{35}S , ^{90}Sr , ^{91}Y , ^{137}Cs и ^{144}Ce в морских организмах» сообщалось: «На основании вероятных депо в море для различных радионуклидов, расчёта сравнительной биологической опасности изучавшихся излучателей и новейшего океанографического материала об интенсивной вертикальной циркуляции вод Чёрного моря можно сделать заключение о несоответствии Чёрного моря требованиям, предъявляемым к международному пункту по захоронению и обезвреживанию высокорadioактивных отходов атомной промышленности» ([18], с. 327). Директор ИнБЮМ, чл.-корр. АН УССР, проф. В. А. Водяницкий писал впоследствии в своих воспоминаниях: «Работы ИнБЮМ по водообмену в Чёрном море и радиоэкологии сыграли большую роль в отклонении предложений западных держав о сбросе отходов атомных производств в глубины Чёрного моря» ([2], с. 182).

Изучение последствий испытаний ядерного оружия и проблемы удаления радиоактивных отходов в океаны. Лаборатория радиобиологии СБС и её преемник – ОРХБ ИнБЮМ, продолжая развивать научные исследования в области морской радиоэкологии, Морський екологічний журнал, № 2, Т. X. 2011

также приняли активное участие по линии Академий наук Союза ССР и Украинской ССР в международном изучении последствий глобальных радиоактивных выпадений в результате испытаний ядерного и термоядерного оружия атомными сверхдержавами. Общие усилия учёных разных стран, включая и научный вклад севастопольских морских радиоэкологов в виде научных отчётов в Президиум АН СССР для Пагоушевских всемирных конференций и публикаций [17, 18, 56], привели правительства США, СССР, Англии и Франции к необходимости заключения в 1963 г. Московского Договора о запрещении ядерных взрывов в космосе, атмосфере и под водой.

В практическом отношении с 1964 г. наступил этап радиоэкологических исследований проблемы радиоактивного загрязнения гидросферы при мирном использовании атомной энергии по линии МАГАТЭ на международном уровне и по линии Госкомитета по науке и технике СССР и Госкомитета по использованию атомной энергии СССР на государственном уровне. Необходимость этих исследований была обусловлена, главным образом, удалением жидких и твёрдых отходов в морскую среду бурно развивавшейся атомной промышленностью, в том числе, с атомных электростанций, морских кораблей-атомоходов и т.д. Работы ИнБЮМ были востребованы на названных выше обоих уровнях, включая участие от СССР тогдашнего заведующего ОРХБ на заседаниях рабочих групп экспертов Международной Морской Организации (ИМО) и МАГАТЭ (IAEA) в период с 1970-х вплоть до 1984 г., когда был, наконец, объявлен долгожданный международный мораторий на удаление твёрдых радиоактивных отходов на дно океанов. Как выяснилось после ликвидации СССР, вопреки всем предыдущим официальным заявлениям прежнего руководства страны, производилось тайное от мировой общественности удаление радиоактивных жидких и твёрдых отходов в избранных акваториях СССР: в Северном Ледовитом Океане и в дальневосточных морях, в отдельных озёрах и реках,

преимущественно на Урале и в Сибири.

«Монакский период». Важным этапом в развитии работ в ОРХБ было и остаётся взаимодействие с международной лабораторией морской радиоактивности (МЛМР) МАГАТЭ в Монако (1975 – 1979). На первом этапе, в начале 1960-х, происходило установление научной связи между ОРХБ и родственными ему новыми национальными лабораториями, создававшимися на Средиземном море – в Италии (Фьяскерино, Парма), Франции (Кадараш) и затем с МЛМР МАГАТЭ в Монако. Впоследствии организовывались морские радиоэкологические лаборатории в Югославии, Греции, Турции, Испании. Наша лаборатория опередила морские лаборатории радиоэкологического профиля Средиземноморья (не говоря о других государствах на Чёрном море) по времени начала первых исследований в 1956 – 57 гг. и активной публикацией результатов наших работ с 1960 г., включая первое в мировой литературе монографическое обобщение «Радиоэкология морских организмов» на русском и английском языках [19, 56]. В то время в наш адрес ежегодно поступали приглашения на участие в ежегодных радиоэкологических коллоквиумах средиземноморских стран, но участие в них оставалось проблематичным. Контакты ограничивались научной перепиской и обменом оттисками публикаций. Однако уже в тот ранний период по инициативе МЛМР в Монако было подписано соглашение между заместителем генерального директора МАГАТЭ в Вене, директором МЛМР в Монако и министром правительства княжества Монако о приглашении Г. Г. Поликарпова для работы в МЛМР. Об этом стало известно, когда он прибыл в 1975 г., пройдя международный конкурс, в многолетнюю командировку в Монако для занятия в МЛМР научной должности дипломатического уровня – P5 – в качестве руководителя Секции Исследований окружающей среды (Environmental Studies Section) и члена Секретариата МАГАТЭ (Вена). Потом его преемниками там стали представитель Чехословакии, затем – Кореи, а теперь – Германии. Две другие Сек-

ции – Радиохимии и Радиобиологии – возглавляли представители Японии и США.

За время работы в МЛМР им были выполнены исследования в новых направлениях: хемозологии токсических металлов – Cr, Cu, Cd и Pb на понтеллидах Средиземного моря, аккумуляции полихлорированных бифенилов из загрязнённых донных осадков и воды полихетами, ремобилизации связанных с осадками ПХБ червями *Nereis diversicolor*, а также сделаны доклады на международных и национальных форумах, среди них: в Лундском университете (Швеция, 1976) о проблемах морской радиоэкологии; на Конгрессе–Пленарной Ассамблее Международной Комиссии по научному изучению Средиземного моря в г. Анталии (Турция, 1978) на тему «Донные осадки, вода и пищевые цепи как источники хлорированных углеводов для бентосных организмов Средиземного моря» (где он был также избран членом Комитета морской радиоактивности и Комитета химической океанографии); на совещании в МАГАТЭ (Вена, 1979) «Экспериментальные методы радиобиологических исследований с развивающейся икрой рыб»; на Всегреческом совещании по мирному применению атомной энергии (Афины, 1979) «Радиоэкологическая охрана водной среды». Принял участие в международном совещании «Мидиевый дозор» в Барселоне в 1978 г. Особое место в работах того периода занимает предложенная им на конгрессе в Болонье (1977) концептуальная модель зональности действия на живые системы разных мощностей ионизирующей радиации от подфоновых до уровней, максимально возможных в земных условиях [57]. Впоследствии эта модель совершенствовалась и апробировалась им на международных симпозиумах и в публикациях [15, 59, 60]. В настоящее время она находит широкое применение в работах в Украине, России, дальнем зарубежье и в международных организациях. Предложенное этим автором понятие *эквидозиметрии радиоактивных и химических факторов* [60] получило международный резонанс и развитие в совместных

работах с учёными Национального института радиологических наук Японии [50, 64].

Концептуальные планы ОРХБ. Для более полного использования научных возможностей, создания единого научно-познавательного пространства и открытия перспектив развития научных изысканий в отделе, формирования преемственности и простора для творческой инициативы сотрудников научным руководством ОРХБ традиционно создавался концептуальный план развития направлений

научных исследований на обозреваемый период, который становился всё более объёмным по мере развития отдела. Один из перспективных планов развития в ОРХБ в период 1976 – 2000 гг. представлен на рис. 1. Перспективные концептуальные планы развивались, дополнялись и реализовывались в конкретных научно-исследовательских работах, выполняемых ОРХБ в рамках бюджетных тем, хозяйственных работ, национальных и международных проектов, формируя новые научные направления.



Рис. 1 Схема направлений перспективного развития научных исследований в ОРХБ в 1976 – 2000 гг. (Поликарпов Г. Г.)

Fig. 1 Diagram of perspective development of the scientific researches directions in (ORXB) in 1976 – 2000 (Polikarpov G. G.)

Развитие методов радиохемозкологии в ИнБЮМ. На всех этапах (с конца 1950-х до настоящего времени – 2011 г.) развития радиоэкологических исследований в ОРХБ, наряду с изучением радиоактивности как экологического фактора, используются и создаются разнообразные методы искусственных и естественных радиоактивных индикаторов, меченых атомов, радиотрассеров в лабораторных и при-

родных условиях [12 – 14, 17, 27, 36]. Уникальные возможности этих методов позволяют количественно оценивать чрезвычайно низкие («невесомые») в весовом отношении концентрации веществ, идентифицировать их, а также качественно и количественно описывать процессы функционирования отдельных косных и биотических компонентов и экосистем в це-

лом. Минимально вмешиваясь в процессы жизнедеятельности изучаемых объектов, методы радиоизотопных исследований позволяют проводить многократные прижизненные измерения параметров, давая возможность изучать явления во времени, определять скорости процессов и другие важные показатели. Получаемые характеристики, создаваемые на их основе модели и составляемые прогнозы позволяют оценивать состояние целой экосистемы и отдельных групп организмов, судить о направлениях её изменения и давать прогнозы для различных начальных условий и ожидаемых изменений, изучать прошлое системы.

В ОРХБ развиваются четыре основных направления использования радиоизотопных подходов в изучении функционирования морских экосистем.

Во-первых, и это – прежде всего, изучение количественных характеристик распределения радиоактивного загрязнения в биогенных и абиогенных компонентах морских экосистем для оценки радиоэкологической ситуации в море, включая содержание природных и антропогенных радионуклидов, а также возможную идентификацию источника поступления радиоактивных веществ. На современном, постчернобыльском, этапе в развитии радиоэкологической ситуации научный и практический интерес представляют основные дозообразующие антропогенные радионуклиды ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{238,239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , основной природный дозообразующий радионуклид ^{210}Po , а также ^{40}K и другие радиоактивные элементы и их изотопы. Соответствующие радиоизотопы используются как трассеры для расчёта химического выхода и как стандартные образцы, необходимые для количественного определения выделяемых из природных проб радиоактивных изотопов.

Во-вторых, природные и искусственные радионуклиды, которые поступили в морские экосистемы, используются как метки-трассеры для изучения количественных характеристик разнообразных процессов функционирования природных экосистем. Это – гидрологические

исследования (вертикальный и горизонтальный водообмен, идентификация водных масс, оценки водного баланса), изучение осадконакопления в прибрежных и глубоководных районах, определение доли биогенной и терригенной составляющей в осадкообразовании в разных районах моря, оценка скорости деэвтрофикации и самоочищения фотического слоя водных масс, геохронологическая реконструкция как сероводородного заражения Чёрного моря, так и его загрязнения антропогенными радиоактивными веществами и химическими загрязнителями.

Третье важное направление представлено широким спектром исследований продукционных и обменных процессов в экосистемах со значительным преобладанием изучения биотических компонент. Это, в частности, изучение первичной продукции, питания и других аспектов обменных процессов: закономерностей кинетики обмена и аккумуляции радиоактивных и химических веществ различного строения: от простых ионов до органических молекул как на экологическом (обмен со средой), так и на физиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях.

Четвёртый аспект применения радиоизотопных методов связан с изучением эффектов воздействия загрязнителей ядерной и неядерной природы на живые системы на разных уровнях организации – от генетического до популяционного и экосистемного. Это производится с целью познания закономерностей формирования отклика живых систем на загрязнение и для разработки научных основ сохранения целостности экосистем, как формы существования жизни на планете, в процессе осуществления человеком рационального природопользования в морских экосистемах и, в частности, в Чёрном море.

Развитие и применение методов радиоизотопного анализа в разных областях морской экологической науки и сочетание их уникальных возможностей с широким спектром других методических подходов (от биохимических до математического моделирования) позволили

развивать исследования не только в области радиоэкологии, эквидозиметрии, радиационной защиты, но и морской биогеохимии, биофизики моря, генетики и аутоэкологии гидробионтов, морской хемозкологии и в других пограничных областях знаний.

Цитогенетические методы в радио-хемозкологических исследованиях в ОРХБ начали применяться В. Г. Цыцугиной с 1966 г. при изучении влияния стронция-90 на развивающуюся икру морского ерша. В последующие годы ею проводились исследования по экологической цитогенетике водных организмов (червей, моллюсков, ракообразных и рыб) из биотопов с разным уровнем антропогенного загрязнения (открытые районы океана, прибрежные районы моря, реки), выполнялись экспериментальные работы по радиационному и химическому мутагенезу. Ею установлены закономерности спонтанного и индуцированного хромосомного мутагенеза: частота и типы аберраций хромосом, их поклеточное распределение, внутривидовая вариабельность. Обнаружено, что в районах локального антропогенного загрязнения происходит адаптация популяций бентосных бокоплавов и наблюдается увеличение их общей устойчивости. Её работы привлекли широкое внимание специалистов в СССР, где она получила диплом ВДНХ, и за рубежом – в Израиле и Англии, где переводились и обсуждались её работы [12, 44, 68].

Радиопротекторы. В конце 1960-х годов в отделе Г. Е. Лазоренко, в то время аспиранткой, были начаты работы по выделению и исследованию альгиновой кислоты и её солей – альгинатов и фукоиданов и других органических веществ из черноморских водорослей, а также изучение роли альгиновой кислоты и альгинатов в процессах накопления водорослями радиоактивных нуклидов (Г. Г. Поликарпов, Г. Е. Лазоренко, Д. Д. Рындина, Л. Г. Кулебакина) [34, 35, 44, 68]. Радиопротекторные свойства альгината натрия из цистозиры проявились в полной мере при исследовании черноморских одноклеточных водорослей. Добавки этого природного полисахарида к средам

культивирования существенно повышают выживаемость популяций микрофитов после острого воздействия на них внешнего гамма-облучения [14].

Биофизика моря. С 1968 г. в ОРХБ В. Н. Егоровым разрабатывается полуэмпирическая теория кинетики метаболического и сорбционного минерального и изотопного обмена морских организмов и косного вещества в морской среде в масштабе времени протекания метаболических, сорбционных процессов и трофических взаимодействий, параметрически совместимая с современными теориями баланса вещества и энергии в морских экосистемах [12, 27, 36, 38]. В качестве аналитической основы описания кинетических закономерностей принята камерная структура минерального обмена, верификация которой применительно к задачам взаимодействия между живым и косным веществом и радиоактивными и химическими компонентами морской среды устанавливалась по результатам экспериментов с радиоактивной меткой. По данным экспериментальных наблюдений, В. Н. Егоровым, В. Н. Ивановым, Л. Г. Кулебакиной, А. Я. Зесенко, В. Н. Поповичевым, Н. Н. Терещенко, С. К. Костовой и Н. В. Жерко определены константы скоростей обмена ^{22}Na , ^{32}P , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{86}Rb , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{109}Cd , ^{131}I , ^{137}Cs и ^{203}Hg рядом видов водорослей и животных планктонного комплекса Средиземноморского бассейна, а также Тихого, Индийского и Атлантического океанов. Для ряда элементов различной биологической значимости установлены параметры уравнений Михаэлиса-Ментен и Ленгмюра, а также зависимости их параметров от удельной поверхности, размерных характеристик организмов и концентрации элементов – химических аналогов в водной среде. На математических моделях исследованы динамические характеристики систем «материнский – дочерний радионуклиды в морской среде – гидробионт». Разработана методика и проделано сравнение сорбционного и трофического путей минерального питания консументов. Определены характеристики фосфорного лимитирования

процессов первичного продуцирования органического вещества в Чёрном море и изучена биотическая трансформация минерального фосфора на гидрофронтах рек Дунай и Чорох. Обнаружены феномены трансформации физико-химических форм йода зелёными водорослями в фотическом слое и ртути взвесями на границе окислительной и сероводородной зон моря [12, 27].

Молисмология. В 1976 г. академик Французской академии наук проф. М. Фонтэн предложил общее название – «молисмология» (μολισμος – загрязнение) для всех разрозненных областей науки о загрязнении. Коллектив ОРХБ сосредоточил внимание на развитии *морской молисмологии* и распространил сферу её приложения на обе зоны Чёрного моря – окислительную и восстановительную, а также ввёл дифференцированные понятия об *антропогенных* и *природных* загрязнениях среды обитания организмов [12]. Параллельно и в органичной связи с экспериментальными исследованиями закономерностей минерального обмена и трансформации физико-химических форм химических и радиоактивных компонентов морских экосистем развивались работы по молисмологии – изучению распределения и миграции ксенобиотиков антропогенного происхождения. Бурное развитие химической промышленности в XX веке и активное применение её продуктов в различных сферах человеческой деятельности привели к поступлению в морскую среду токсичных веществ. Первые позиции в списке токсичности заняли хлорорганические соединения, пестициды и тяжёлые металлы. Именно эти химические вещества являются объектами исследования в отделе с начала 1970-х по настоящее время. Как и радиоактивный фактор, химические токсиканты изучались не только в аспекте биогеохимической миграции в водных экосистемах, но исследовали и их действие на гидробионтов. Активное участие в развитии этих исследований принимали Г. Г. Поликарпов, В. В. Андрющенко, Н. В. Демина-Жерко, Л. Г. Кулебакина, впоследствии – Л. В. Малахова (хлорорганиче-

ские соединения, пестициды), Л. И. Рожанская, Л. К. Коломиец, в настоящее время – С. К. Костова (тяжёлые металлы). Результаты этих исследований, наряду с работами по биогенам и радиоактивным загрязнителям, а также закономерностям биогеохимической миграции веществ, совместно с возможностями методов математического моделирования, послужили фактической базой разработки теории экологической ёмкости морских экосистем в отношении загрязняющих веществ [26].

Биофизическая теория экологической ёмкости морской среды. Работы В.Н. Егорова по количественной реализации концепции акад. В. И. Вернадского о том, что в процессе воспроизводства живого вещества воспроизводятся и условия его обитания, привели к **созданию им основ биофизической теории экологической ёмкости морской среды** в отношении загрязняющих веществ. На математических моделях были исследованы условия устойчивости системы биотического самоочищения фотического слоя морской среды. Показано, что возрастание антропогенного загрязнения вод может приводить к изменению с первого на нулевой порядки скоростей метаболических реакций обмена загрязнителей гидробионтами, а также к насыщению сорбирующих поверхностей косного и биокосного вещества. При этом система комплексного биогеохимического самоочищения вод может терять устойчивость, обуславливая повышение содержания загрязняющих веществ в водной среде до уровней, приводящих к токсическому воздействию на морские организмы. В наблюдениях С. К. Костовой и В. Н. Егорова, направленных на изучение распределения ртути в воде, гидробионтах и донных отложениях Чёрного моря, получено подтверждение справедливости основных положений теории экологической ёмкости.

Использование положений этой теории позволило разрабатывать **биофизические и биогеохимические критерии нормирования антропогенного загрязнения** морских акваторий Украины в условиях реализации

концепции устойчивого развития.

Горячие черновыльские дни и годы.

Навсегда в память людей и в историю эры атомной энергии вошла дата 26 апреля 1986 г., когда в 01 ч 24 мин по местному времени началась крупнейшая в мире ядерная авария – катастрофа в реакторе типа РБМК в составе 4-го блока Чернобыльской АЭС [25, 36].

Заведовавший тогда ОРХБ Г. Г. Поликарпов находился на рабочем месте в г. Севастополе, а В. Н. Егоров, возглавлявший в своё время лабораторию динамической хемозологии ОРХБ, участвовал в экспедиции на НИС «Академик Вернадский» в Атлантическом океане. Это судно в мае 1986 г. возвращалось в Чёрное море.

Несколько напряженных дней длилась абсолютно «немая» информационная сцена на высшем уровне руководства страной в Москве и Киеве. МИД СССР выпустил в эфир поспешную официальную «информацию»-отписку о, якобы, отсутствии какой-либо ядерной аварии на территории СССР. Но авария от этого не исчезла. И вскоре из Президиума АН УССР в ИнБЮМ по телефону поступил в иносказательной форме сигнал о необходимости срочного командирования заведующего ОРХБ в г. Киев в непосредственное распоряжение вице-президента АН УССР, председателя Секции физико-технических и математических наук акад. АН УССР В. И. Трефилова для участия в работе возглавляемой им «Оперативной комиссии Президиума АН УССР». В состав Оперативной комиссии в качестве его первых заместителей входили академики АН УССР В. Г. Барьяхтар и В. П. Кухарь. Позднее комиссия получила название «Постоянно действующая комиссия Президиума АН УССР по вопросам, связанным с аварией на Чернобыльской АЭС». Во главе с Президентом АН УССР академиком Б. Е. Патеном весь Президиум АН УССР был превращён в непрерывно работающий Штаб по оперативному решению проблем последствий гигантских выбросов радионуклидов в окружающую среду.

При вышеназванной комиссии в г. Киеве Г. Г. Поликарпов организовал рабочую группу по водной радиоэкологии из специалистов академических – Институт гидробиологии и Институт клеточной биологии и генетической инженерии – и ряда ведомственных институтов столицы для непосредственного участия в формировании срочных прогнозов и практических рекомендаций по ликвидации последствий аварии. Само собой разумеется, оперативная опора была сделана, прежде всего, на коллектив ОРХБ ИнБЮМ в Севастополе. Здесь сразу же была изменена программа дочерних работ и немедленно поставлены модельные эксперименты [30], в первую очередь, с донными отложениями из пресноводных водоёмов для получения информации, необходимой при расчётах коэффициентов распределения и накопления чернобыльских радионуклидов, а также оценки радиоэкологической ёмкости водоёмов Украины на пути их переноса по днепровскому каскаду в Чёрное море, поиска радиационно-цитогенетических эффектов у водных животных. На основании этих работ, данных специальных исследований знаменитой уральской школы Н. В. и Е. А. Тимофеевых-Ресовских по пресноводной радиационной гидробиологии, включая наши совместные работы в Челябинской области [16, 41] и уже накопленный в ИнБЮМ обширный материал по морской радиоэкологии [12 – 14, 34, 35], в том числе по Чёрному и Средиземному морям, оказалось возможным делать оперативные научно-обоснованные прогнозы протекания кратко- и долгосрочных радиоэкологических процессов, в особенности, в системе рек Припяти–Днепра и морей Чёрного и Эгейского. Заметим, что представленные нами радиоэкологические прогнозы оправдались. Нарбатываемые сведения немедленно подавались руководству Оперативной комиссии и шли далее «наверх» для быстрого реагирования.

Назовём наши основные материалы, как исходные [27], так и наработанные научными сотрудниками ОРХБ уже в черно-

быльский период, которые впоследствии публиковались (кстати, со значительной задержкой из-за затягивания разрешений в первые годы от Госкомгидромета СССР, но без задержки со стороны Минздрава СССР) [5, 11, 36, 39, 40, 46 – 49, 61 – 63, 65 – 67 и др.].

В капитальной сводке «*Чернобыль 1986–1987 рр. Документи і Спогади. Роль НАН України у подоланні наслідків катастрофи*», (К.: Академперіодика, 2004, 564 с.) на стр.10, 59, 80, 113, 163, 197, 227, 440 приведены документальные сведения об участии в этих работах в 1986 – 1987 гг. ИнБЮМ, в том числе его представителя, командированного в Киев [45].

В мае 1986 г. на борту НИС «Академик Вернадский» В. Н. Егоров получил радиограмму на эзоповском языке от Г. Г. Поликарпова и незамедлительно приступил к исследованиям свежих короткоживущих радиоактивных выпадений чернобыльского происхождения в сестоне и морских организмах по маршруту следования судна, последовательно в портах заходов в Средиземном и Чёрном морях.

В это же время научный и инженерный состав ОРХБ ИнБЮМ, наряду с модельными экспериментами, производил в г. Севастополе оперативный сбор и анализ радиоактивных выпадений из атмосферы, в особенности, их накопление абиогенными и биогенными компонентами водных экосистем. Велись поиски радиобиологических эффектов в прибрежной морской экосистеме города и в целой серии радиоэкологических экспедиций под руководством опытных сотрудников отдела: а) в сухопутных и прибрежных радиоэкологических экспедициях – вдоль Днепра и Припяти вплоть до водоёма-охладителя ЧАЭС, в Северо-Крымском канале, на побережье Азовского моря и на Лебязьких о-вах Чёрного моря (начальники экспедиций – к.г.н. В. И. Тимошук, к.б.н. А. Я. Зесенко, к.б.н. Г. Е. Лазоренко; а также к.б.н. Н. Н. Терещенко, к.б.н. Н. В. Демина-Жерко, вед. инж. Г. А. Фрейман, м.н.с. Н. Ю. Мирзоева, м.н.с. А. А. Коротков, м.н.с. Ю. А. Кулев); б) в морских экспедициях на НИС «Профессор Водяницкий» и НИС «Академик Ковалевский» в

Чёрном и Эгейском морях (начальники рейсов: к.б.н. Г. Е. Лазоренко, к.б.н. Н. В. Демина-Жерко, к.ф.-м.н. В. Н. Егоров, к.б.н. Н. С. Рисик и чл.-корр. АН УССР Г. Г. Поликарпов).

Чернобыльское загрязнение – как облучатель и как трассер. В результате аварии на ЧАЭС, по оценкам отечественных и зарубежных специалистов и международных научных организаций, в атмосферу Земли было выброшено от 85 ПБк ^{137}Cs , что составляет 33 % от его содержания в активной зоне реактора, или 89 ПБк ^{137}Cs , т.е. 40 % от его наличия в этой зоне реактора, до 100 ПБк ^{137}Cs . При взрыве атомной бомбы над Хиросимой образовалось 0.1 ПБк ^{137}Cs , а за счёт всех ядерных испытаний в разных регионах нашей планеты – 1500 ПБк этого радионуклида. Соответственно, во время аварии на ЧАЭС было выброшено, по разным оценкам, от 1.3 ПБк ^{90}Sr , по-видимому, без учёта «близкого выпадения», до более обоснованных величин – 7.4 ПБк ^{90}Sr и 8 ПБк ^{90}Sr . При бомбардировке Хиросимы образовалось 0.085 ПБк ^{90}Sr , а при всех ядерных испытаниях – 1300 ПБк ^{90}Sr . Количество чернобыльского ^{137}Cs , попавшего в Мировой океан, составило 16 ПБк, в том числе в Чёрное море – 2 – 3 ПБк или 12.5 – 18.8 % от его общего количества, оказавшегося в Мировом океане.

В совместных работах с зарубежными учёными [25] проведено сравнение содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающей среде в трёх важнейших регионах бывшего СССР: на Урале, вокруг Чернобыля и Новой Земли. Всего в результате аварии на ЧАЭС в окружающую среду было выброшено 23 кг Pu и следующее количество трансуранов, составившее 3.5 % от их содержания в активной зоне реактора из 4-го блока ЧАЭС: 33 ТБк ^{239}Pu , 52 ТБк ^{240}Pu , 33 ТБк ^{238}Pu , 6.44 ПБк ^{241}Pu , 4.8 ТБк ^{241}Am , 1.1 ПБк ^{242}Cm и 6.2 ТБк ^{244}Cm .

Непосредственно после чернобыльской аварии акватория Чёрного моря подверглась острому радиоактивному загрязнению из атмосферных выпадений, а в дальнейшем и хроническому загрязнению со стоком рек. Так, с июня 1986 по январь 1989 гг. вынос с водами

Днепра в Чёрное море составил 37 ТБк ^{90}Sr и 2 ТБк ^{137}Cs [61, 62]. На первом этапе радиационное воздействие на компоненты экосистем Чёрного моря оказывалось как коротко- и среднеживущими (в первую очередь, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{140}La , ^{140}Ba и др.), так и долгоживущими радионуклидами (^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановые элементы) [36, 37, 39, 40, 65], а в дальнейшем только долгоживущими радионуклидами. Коротко- и среднеживущие радионуклиды чернобыльского происхождения, распространяясь по акватории моря и распределяясь между компонентами его биогидроценозов, оказались источником потенциального радиационного воздействия на гидробионтов [66, 67] и на критические группы населения, прежде всего, на рекреантов, ухудшая качество рекреационных зон Чёрного моря.

Радионуклиды, поступившие в Чёрное море после аварии на ЧАЭС, сразу же вовлекались в физические, биофизические, биогеохимические и экологические процессы: переносились течениями, мигрировали в пределах акваторий, выносились через проливы, сорбировались на взвешьях, концентрировались живым веществом, мигрировали и переносились седиментационно, депонировались в донных отложениях, а также повторно поступали в водную среду за счёт ремобилизационных процессов в результате жизнедеятельности бентосных организмов. Изучение перераспределения чернобыльских радионуклидов в компонентах черноморских экосистем позволило определять закономерности изменения радиационного фактора и оценивать характеристики названных выше процессов.

Как известно, воды Мирового океана и, в частности, Чёрного моря, подверглись радиоактивному загрязнению в результате первых же и всех остальных испытаний ядерного оружия в открытых средах. После заключения Московского Договора (1963 г.) о запрещении ядерных испытаний в открытых средах радиоактивное загрязнение, достигнув максимума в 1962 – 1964 гг., стало неуклонно уменьшаться в соответствии с прогнозом.

Морський екологічний журнал, № 2, Т. X. 2011

Залповое поступление на поверхность Чёрного моря значительного количества радионуклидов из атмосферных выпадений непосредственно после аварии на ЧАЭС резко увеличило их концентрацию во многих компонентах экосистем и разрушило стационарность системы радиоактивного загрязнения и радиоэкологического самоочищения морской среды. В связи с этим результаты наблюдений и моделирования, отражающие тенденции установления радиоизотопного баланса при новых начальных и граничных условиях, стало возможным интерпретировать как *радиоэкологический отклик Чёрного моря на аварию на ЧАЭС*, и, в то же время, при определённых ограничениях, рассматривать характеристики перераспределения радионуклидов между компонентами морских экосистем как *антропогенный радиоактивный трассер*, позволяющий оценивать в Чёрном море интенсивность крупномасштабных природных физических и биогеохимических процессов.

Объективная потребность мировой общественности, МАГАТЭ и правительств тех стран, территория которых подверглась радиоактивному загрязнению, оценить региональные и глобальные последствия чернобыльской аварии привела к значительному увеличению финансирования технических и исследовательских работ по радиационной тематике. Это привлекло к решению поставленных проблем новое поколение специалистов и привело к совершенствованию приборного радиоспектрометрического парка, развитию и разработке новых радиохимических методов, что, в свою очередь, обусловило повышение технического уровня обеспечения наблюдений *in situ* и их интерпретацию с использованием современных методов анализа и моделирования.

Значительно усилился интерес к разработке радиотрассерных методов на основе применения как антропогенных, так и природных радионуклидов, в том числе и в экспериментальных условиях. Дальнейшее развитие получили и собственно радиоэкологические исследования. В постчернобыльский период

новая радиоэкологическая ситуация требовала дальнейших научных разработок как традиционных, так и новых аспектов проблем распределения и миграции антропогенной составляющей радиоактивного фактора, что привело к развитию исследований по изучению количественного определения альфа-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды в конце 1980-х годов.

Сначала исследования выполнялись по методологии аналитической радиоавтографии методом измерения потока альфа-частиц с помощью твёрдотельных трековых детекторов (Л. А. Радченко), при этом ставилась задача определения индивидуальных радиоизотопов, а также так называемых «горячих частиц». Поскольку в постчернобыльский период основное радиоэкологическое значение приобрели трансурановые элементы, особенно альфа-радионуклиды плутония ($^{238,239,240}\text{Pu}$) и америция (^{241}Am), то сочетание физических и химических аналитических методов с использованием радиохимических методик и ионообменной хроматографии, метода тонкослойных препаратов и радиоактивных трассеров, а также альфа-спектрометрического анализа (Н. Н. Терещенко, А. А. Коротков) позволили количественно определять альфа-излучающие радионуклиды, их миграцию, распределение и дозовые нагрузки, формируемые ими в гидробионтах [36, 37, 39, 40, 65].

Отклик Чёрного моря на чернобыльскую аварию в 1986 – 2011 гг. Работы по изучению радиоэкологического отклика Чёрного моря на Чернобыльскую катастрофу возглавили Г. Г. Поликарпов и В. Н. Егоров. Совершенно очевидно, что проблему изучения радиоэкологического отклика Чёрного моря на аварию нельзя было осветить только с привлечением радиологических характеристик. В рамках настоящей статьи авторы сочли необходимым привести и проанализировать обобщённые данные по радиоактивному загрязнению Чёрного моря на масштабе возможных антропогенных и климатических изменений в компонентах его экосистем, а также продемонстри-

ровать разработку новых и дальнейшее развитие традиционных трассерных методов изучения природных биоокеанологических процессов. Последние, в конечном итоге, формируют общие закономерности радиоэкологического отклика. В связи с упомянутым выше, в ОРХБ ставились и решались нижеследующие задачи:

- изучение радиоактивного загрязнения долгоживущими радионуклидами ^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановыми элементами $^{238,239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am воды, морских организмов и донных отложений Чёрного моря и проведение балансовых оценок для ^{90}Sr и ^{137}Cs в его водной среде после аварии на ЧАЭС;
- радиотрассерное изучение гидрологических, биогеохимических и экологических характеристик Чёрного моря;
- исследование биофизических характеристик процессов эвтрофикации Чёрного моря с использованием радиоизотопных методов;
- определение пространственно-временных масштабов и «дозовой» цены отклика компонентов биогидроценоза Чёрного моря на чернобыльскую аварию;
- разработка принципов и обобщения в области радиационной защиты морских экосистем (с учётом также интенсивного химического загрязнения морской среды).

Как известно, в качестве меры радиационного воздействия наиболее часто используется результат сравнения вычисленных дозовых нагрузок с дозовыми пределами. Поскольку разные страны имеют различные по уровню дозовые пределы и, кроме того, на масштабе времени, прошедшего после чернобыльской аварии, в ряде стран принятые дозовые пределы изменялись, возникла необходимость использования дополнительных подходов для определения относительной опасности радиационного воздействия радионуклидов чернобыльского происхождения на биотические компоненты черноморских биогеоценозов. Г. Е. Лазоренко первая сравнила дозовые нагрузки от ионизирующих излучений постчернобыльских радионуклидов с уровнями доз,

альфа-излучения основного природного дозообразующего нуклида ^{210}Po , что обусловило, в свою очередь, освоение методов и развитие исследований по его изучению [10, 36, 54, 65].

За последние десятилетия выполнены приоритетные исследования распределения, миграции и формирования дозовых нагрузок основных дозообразующих альфа-радиоактивных изотопов, как антропогенного так и природного происхождения, на черноморских гидробионтов (Г. Г. Поликарпов, Г. Е. Лазоренко, Н. Н. Терещенко); продолжались традиционные исследования основных осколочных дозообразующих радионуклидов стронция и цезия (Г. Г. Поликарпов, Н. Ю. Мирзоева, В. Н. Егоров, Н. А. Стокозов). Анализ радиоэкологической ситуации в Чёрном море на основе созданной Г. Г. Поликарповым концептуальной радиоэкологической модели действия хронического ионизирующего облучения во всём возможном диапазоне доз на все уровни организации живых систем, показал, что на современном этапе, спустя более 20 лет после аварии на ЧАЭС, радиоэкологическая ситуация в Чёрном море не вызывает опасений в отношении радиоактивного загрязнения черноморского происхождения (^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$). Во всех случаях основной вклад в дозу облучения черноморской биоты вносит альфа-излучение природного радиоизотопа ^{210}Po (Г. Е. Лазоренко). В 30-километровой зоне отчуждения вокруг ЧАЭС в стоячих водоёмах дозовые нагрузки, созданные совместным действием основных дозообразующих антропогенных радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$), достигли уровней, характерных для «зоны поражения экосистем», и оказывали регистрируемое повреждающее действие на гидробионтов [39].

После Чернобыльской аварии В. Г. Цыцугиной изучалось цитогенетическое действие радиоактивного (и химического) загрязнения на гидробионтов Чёрного и Эгейского морей, Днепра, Дуная и водоёмов 30-километровой зоны отчуждения. У *Oligochaeta* из водоёма с наиболее высоким уровнем радиоактивного загрязнения была обнаружена

активизация полового размножения [66], которое, как известно, повышает адаптивные возможности популяций. На основе многолетних исследований разработана методология идентификации и сравнения эквивалентности радиационных, химических и сочетанных эффектов в природных популяциях гидробионтов [42], предложены критерии определения «критических» популяций (видов) [43] и принципы оценки экологического риска при антропогенном загрязнении среды.

Одновременно проделана огромная работа по изучению основных биогеохимических закономерностей миграции и перераспределения черноморского загрязнения и прогноза его судьбы в бассейне Чёрного моря. Установлено, что основное радиоактивное загрязнение вод Чёрного моря долгоживущими радиоактивными нуклидами черноморского происхождения ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ произошло вследствие атмосферных выпадений в начале мая 1986 г. В последующие годы радиоактивное загрязнение поступало и в настоящий период продолжает поступать со стоком рек (в основном, Днепра и Дуная). Радиоактивное загрязнение черноморских гидробионтов не превышало предельно допустимых концентраций для рыб и морепродуктов. Существенная разница в поведении ^{137}Cs и ^{90}Sr в Чёрном море заключалась в том, что снижение содержания ^{137}Cs в поверхностных слоях моря происходило в результате влияния преимущественно трёх процессов – вертикального водообмена, выноса через пролив Босфор и радиоактивного распада, а для ^{90}Sr эти процессы в значительной степени компенсировались его поступлением со стоком Днепра и Дуная [5, 48, 49].

Радиоактивное загрязнение биогенных и абиогенных компонентов экосистемы Чёрного моря после увеличения концентрации радионуклидов в воде росло пропорционально их коэффициентам накопления на масштабе времени сорбционных и метаболических процессов. Значения коэффициентов накопления не зависели от времени и концентрации радио-

нуклидов в водной среде, и совпадали с оценками, полученными в экспериментальных условиях с радиоактивными метками [18, 19, 36].

Миграция и перераспределение чернобыльских радионуклидов между биогенными и абиогенными компонентами черноморских экосистем и их интенсивность отражали природный ход биогеохимических процессов, а поступившие радиоизотопы служили радиоактивными трассерами этих явлений. Содержание радионуклидов в таком геологическом депо как донные отложения увеличивалось, что привело к возникновению потенциально-критических радиоэкологических зон в устьевых зонах рек северо-западной части моря. Потоки выноса радионуклидов чернобыльского происхождения через пролив Босфор в моря Средиземноморского бассейна были значительным фактором самоочищения Чёрного моря. Основной тенденцией изменения концентраций радионуклидов в воде и живых компонентах экосистем было их экспоненциальное уменьшение на масштабе времени, который был существенно ниже «времени жизни» ^{137}Cs и ^{90}Sr . Полученные результаты послужили основанием для прогноза времени достижения доаварийных уровней радиоактивного загрязнения Чёрного моря [36, 46, 49].

В мире произошло несколько больших ядерных событий – аварийных и спланированных – и важно сравнить их по конечному результату – воздействию на биосферу сформированными дозами и вызванными эффектами, чтобы определить «место» мощностей доз ионизирующего излучения, которые созданы хроническим облучением от радиоактивных изотопов чернобыльского происхождения. Такой анализ проведён на основе разработанной и развитой в ОРХБ [57, 59] концептуальной модели зон мощностей доз и их действия в биосфере. Анализ свидетельствует о том, что авария на ЧАЭС входит в тройку самых серьёзных событий, уступая по дозовым характеристикам только радиационно-экологической ситуации в оз. Карачай и на «Кыштымском следе», которые находятся на Урале. Новая тяжелейшая авария

на АЭС Японии «Фукусима», произошедшая 11 марта 2011 г. в результате разрушительного действия землетрясения и цунами, ещё должна быть оценена с радиационно-экологических позиций.

Глубоководная радиохемозология. Одним из перспективных развивающихся новых направлений в морской радиоэкологии и хемозологии выступает радиохемозология сероводородной зоны. Она включает в себя радиоизотопную геохронологию экологических изменений в Чёрном море, в том числе, радиогеохронологические определения д.б.н. С.Б. Гулиным, ныне заведующим ОРХБ, **возраста коралловидных бактериальных построек** [51], формируемых в течение многих тысячелетий в местах метановых газовыделений в сероводородных глубинах [6], и возраста слоёв донных отложений в аноксической зоне моря, где отсутствует биотурбация [52]. В неразрывном комплексе с названными выше исследованиями находятся важнейшие работы, включающие проращивание в ОФ ИнБЮМ «великовозрастных» живых спор оксибионтов из донных отложений батиаля под руководством академика НАНУ Ю.П. Зайцева и совместную с ОРХБ общеэкологическую интерпретацию феномена анабиоза [7, 8, 24].

Исследование биогеохимических характеристик и продукционного потенциала глубинных вод Чёрного моря. Применение при исследовании черноморских одно- и многоклеточных водорослей метода меченых атомов и изучение продукционных характеристик одноклеточных водорослей в различных условиях из сероводородной зоны моря позволили установить сроки адаптации водорослей к природной глубинной воде после её поднятия в кислородсодержащую среду и обнаружить её высокопитательные качества (после удаления сероводорода) для планктонных и бентосных водорослей. Вода из этой зоны, после полного окисления в ней сероводорода, проявляет благоприятные экологические свойства и может использоваться для выращивания одно- и многоклеточных водорослей в качестве культу-

ральной среды с повышенным продукционным потенциалом, по сравнению с поверхностными черноморскими водами и некоторыми искусственными средами. Благоприятные для целей культивирования характеристики окисленной глубинной черноморской воды обусловлены, вероятно, сбалансированностью её химического состава, прежде всего, в отношении отдельных микроэлементов и биогенов и их физико-химических форм нахождения в глубинной морской воде [12, 29, 31, 63].

Исследования роли глубинной зоны в биогеохимических процессах аккумуляции и ремобилизации радионуклидов позволили установить влияние водной среды из восстановительной зоны Чёрного моря на сорбционно-десорбционные характеристики глубоководных донных отложений в отношении радиоактивных нуклидов стронция и цезия. Их воздействие обусловлено наличием в среде химических аналогов этих радионуклидов, что определяет низкую удерживающую способность этих элементов глубоководными осадками и сказывается на продолжительности процесса извлечения радиоактивных нуклидов стронция и цезия из морской воды [12, 30].

Общебиологический теоретический интерес представляют наши совместные с ОФ ИнБЮМ приоритетные глубоководные исследования возраста слоёв осадков батиали Чёрного моря на предмет количественного определения их способности продолжительно сохранять латентную жизнь спор водных и наземных оксибионтов [7, 8, 24].

«Метанология Чёрного моря». Так для краткости можно назвать новое крупное направление, развиваемое чл.-корр. НАНУ В. Н. Егоровым и под его руководством по изучению нового фактора среды – струйных метановых газовыделений со дна Чёрного моря. В 1988 г. им и сотрудниками ОРХБ был открыт в Чёрном море этот новый хемозкологический фактор, данные по исследованию которого получены творческим коллективом сотрудников: В. Н. Егоровым, Г. Г. Поликарповым, С. Б. Гу-

линым, Ю. Г. Артёмовым, Н. А. Стокозовым, С. К. Костовой, В. Н. Поповичевым [6].

Гидроакустическими методами были обнаружены струйные биогенные и термогенные метановые газовыделения со дна Чёрного моря в сероводородной зоне на глубинах до 2100 м, а также глубоководные грязевые вулканы с факелами газовыделений над ними высотой до 1000 м. Построена карта локализации полей газовыделений, оценён поток метановой разгрузки недр и определён вклад потока метана в атмосферу с газовыделениями западной части Чёрного моря в глобальный парниковый эффект. Получено, что поверхности моря могут достигать пузырьковые газовыделения с глубин не более 250 м, а в атмосферу может поступать до 20 % от потока дегазации недр.

Показано, что диссипации энергии от всплытия газовых пузырьков и турбулентности в летнем слое термоклина в Чёрном море имеют одинаковый порядок величин; газовые струи могут уменьшать его температурный градиент, способствуя поступлению биогенов в фотический слой и влияя на трофность вод. Зафиксировано влияние струйных газовыделений на структуру звукорассеивающих слоёв, характеризующих распределение морских организмов в толще вод. На площадках струйных газовыделений в аэробной зоне моря зафиксированы корки и маты метанотрофных бактерий, а в анаэробной зоне на глубинах до 2000 м – карбонатные бактериальные постройки размерами до 3 – 4 м, свидетельствующие о существовании ранее неизвестного феномена жизни в Черном море в условиях сероводородного заражения вод – анаэробного окисления метана консорциумом археа и сульфатредуцирующих бактерий. Возраст бактериальных построек на разных глубинах соответствует периоду сероводородного заражения этих глубин.

Радиоизотопная геохронология экологических природных и антропогенных изменений в окислительной и восстановительной зонах Чёрного моря. Природные и техногенные радионуклиды широко используются в качестве трассеров для изучения

океанологических и биогеохимических процессов, определяющих миграцию загрязняющих веществ ядерной и неядерной природы в экосистемах. Результаты таких исследований позволяют количественно оценивать способность морской среды к самоочищению в условиях совокупного действия антропогенных и климатических факторов. Это, прежде всего, относится к седиментационным процессам, обеспечивающим удаление загрязняющих веществ из водной толщи и их депонирование в донных отложениях.

В [3, 4, 36, 51, 52] изложен развитый и разработанный комплекс радиоэкологических методов с использованием природных и антропогенных радионуклидов в качестве трассеров для оценки эвтрофикации, радиоактивного и химического загрязнения морской среды. В результате дана комплексная оценка седиментационного переноса техногенных радионуклидов в Чёрном море, включая их поступление из водосборных бассейнов, трансформацию в зонах смешивания речных и морских вод, осаждение из поверхностного слоя пелагиали и накопление в донных отложениях прибрежных и глубоководных акваторий. С использованием оригинальной методики проведена стратиграфическая датировка донных отложений в различных районах Чёрного моря с помощью природных (свинец-210) и техногенных (цезий-137, плутоний-238, плутоний-239,240, америций-241) радионуклидов, позволяющих оценить возраст осадков и выполнить геохронологическую реконструкцию за период до 50 – 100 лет. На основании полученных данных исследована динамика радиоактивного загрязнения черноморского бассейна на всём протяжении ядерной эры, а также изучены характерные фазы многолетнего загрязнения моря высокотоксическими полихлорированными бифенилами и пестицидами за весь период их глобального производства. Это дало возможность получить ретроспективную оценку уровней загрязнения Чёрного моря техногенными радионуклидами, сопоставить масштабы радиоактивного загрязнения данного региона в результате атмосфер-

ных испытаний ядерного оружия и после аварии на ЧАЭС, а также оценить эффективность международных ограничений на использование полихлорированных бифенилов и пестицидов. С помощью радиотрассеров было показано, что многолетняя динамика биомассы фитопланктона в открытой части моря зависит от циклических изменений климата. Это дало возможность провести дифференцированную оценку влияния антропогенных и природных факторов на уровень эвтрофикации Чёрного моря. В целом, полученные результаты обеспечивают основу для количественной оценки способности водной толщи черноморских экосистем к самоочищению и деэвтрофикации, а также для экологического нормирования техногенной деятельности в данном регионе [3, 4, 51, 52].

Радиометрические и масс-спектрометрические измерения содержания изотопов ^{14}C , ^{13}C и ^{18}O в карбонатных постройках, обнаруженных в местах выхода метана из дна сероводородной зоны Чёрного моря, позволили определить их возраст и биогеохимические особенности генезиса. Эти постройки образованы метанотрофными археобактериями в результате анаэробного окисления метана, поступающего из верхних слоёв донных осадков и подповерхностных залежей газогидратов. Возраст метаногенных построек закономерно увеличивается с ростом глубины дна. Наибольшие значения возраста, 5500 – 6000 лет, отмечены на глубине около 2000 м, а наименьшие, 2500 – 3000 лет, – вблизи верхней границы сероводородной зоны на глубине 230 м. Полученные значения совпадают с современными оценками периода начала формирования сероводородной зоны в глубоководной котловине Чёрного моря и стабилизации её верхней границы на современном уровне. Это позволяет рассматривать бактериальные постройки, связанные с выходами метана из дна моря, в качестве нового, перспективного объекта для геохронологической реконструкции истории формирования и биогеохимической эволюции сероводородной зоны Чёрного моря.

Перспективы дальнейшего развития. Традиционно задачи изучения баланса ядерных и неядерных молискантов антропогенного и естественного происхождения в морских экосистемах применительно к проблемам охраны окружающей среды и устойчивого развития приморских акваторий входят в компетенцию таких крупных направлений общей биологии, морской экологии и биоокеанологии [20, 28], как биофизика моря, а именно, физика и физикохимия процессов обмена веществ в экосистемах (Егоров, Научный доклад на Общем со-

брании Отделения общей биологии НАН Украины, 3 мая 2006 г.), морская радиоэкология [17, 19, 21, 23], морская динамическая хемоэкология, биогеоценология и биогеохимия моря [27]. Существенное повышение общественного интереса к названным проблемам дало новый импульс для их всемерного развития, а накопленный практический опыт и теоретическая база в ОРХБ являются фундаментальной предпосылкой формирования и реализации дальнейших планов научных исследований (рис. 2).

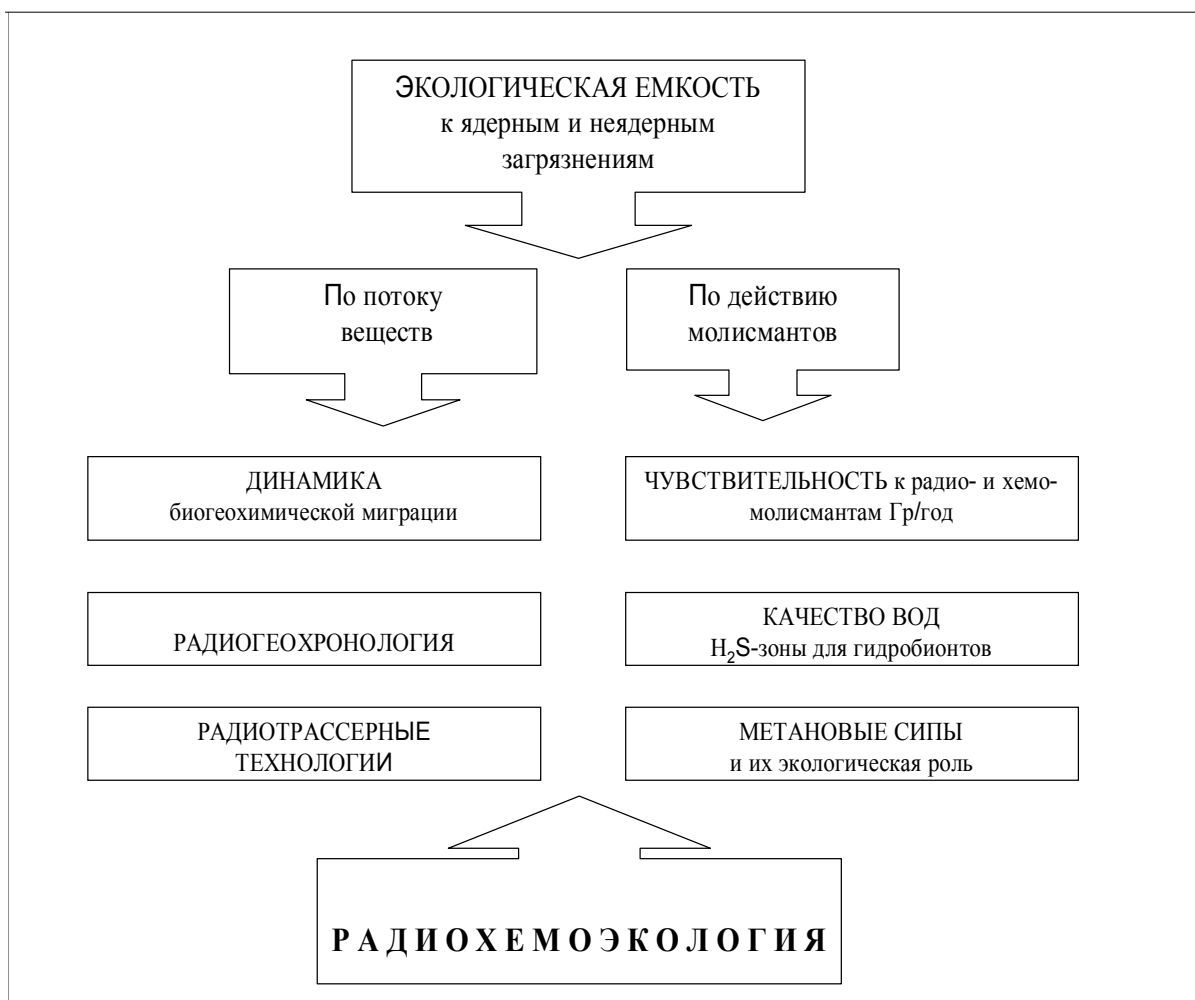


Рис. 2 Схема направлений перспективного развития научных исследований ОРХБ в 2000 – 2025 гг. (Поликарпов Г. Г.)

Fig. 2 Diagram of perspective development of the scientific researches directions in epy DRCB in 2000 – 2025 (Polikarpov G. G.)

Специалисты в области морской радиоэкологии ИнБЮМ, перечисленные фундаментальные разработки и техническая оснащённость ОРХБ признаны правительственными (МАГАТЭ) и неправительственными (Международный союз радиоэкологии) международными организациями в качестве научного центра для оценок и изучения радиоэкологических ситуаций в море в связи с ядерными авариями, потенциальным ядерным терроризмом, неисключёнными международными ядерными инцидентами или применением ядерного оружия.

Экологическая этика. В качестве ответа на жизненно-важную актуальную потребность, сформировавшуюся в современном индустриальном человеческом обществе, привести в гармонию отношения человека и окружающей его природы, экологии и экономики, в XX веке была создана новая базисная концепция этики – экоэтика [9, 22, 23]. Основоположниками организационного оформления экологической этики выступили проф. Отто Кинне (Германия, Ольдендорф/Луге, Международный Институт Экологии) и акад. НАН Украины Г. Г. Поликарпов (Украина, Севастополь, ИнБЮМ НАНУ, ОРХБ), которые провели научно-теоретическую (формирование концепции экоэтики) и организационную работу, создав 25 марта 1998 г. Международный Союз Экоэтики (МСЭЭ), представленный сегодня более чем 90 отделениями в 40 странах мира. Президентом МСЭЭ стал О. Кинне. Там же, в Германии, организована штаб-квартира Союза. ОРХБ ИнБЮМ стал местоположением Генерального Офиса МСЭЭ, возглавляемого Вице-президентом МСЭЭ Г. Г. Поликарповым. Функции Общественного Координатора МСЭЭ в Украине взяла на себя ст. н. с. Н. Н. Терещенко. МСЭЭ развивает, представляет и распространяет экоэтику, основанную на научном познании законов функционирования экосистем и единственно приемлемом принципе отношения человека и природы, на котором необходимо развивать концепцию рационального природопользования и устойчивого развития регионов, - **принципе экоцентризма**, в противовес господствующему

в традиционной этике принципу антропоцентризма. Принцип экоцентризма провозглашает целостный подход к системе «человек – природа», и объектом этой системы выступает экосистема во всем её многообразии и целостности, а человек – особенным и важным, но всего лишь элементом экосистемы, жизнь и развитие которого зависит полностью от здоровья экосистемы. Человек – существо социальное, и его хозяйственная деятельность является одним из главных проявлений его социальной жизни, но это не освобождает человека от подчинения действию законов природы, согласования своей деятельности с законами функционирования экосистем, познания и применения их, используя соответствующие механизмы, для развития и сохранения устойчивого равновесия между обществом и природой. Отказ человека от господствующего антропоцентрического отношения к природе и решение экологических проблем на базе экоцентризма позволят обществу восстановить гармонию человека и природы, уменьшить разрушительное действие человека на природу, развиваться, не превышая допустимые нагрузки на экологические системы, и заботясь о здоровье экосистем, а, тем самым, обеспечивая будущее человека в качестве биологического вида и социального существа. Экоэтика, как неотъемлемая часть социальной культуры современного общества, призвана служить теоретической базой, нравственным ориентиром качественно новых отношений человека и природы. МСЭЭ, декларируя самой важной задачей современности осознание возможности выживания человечества только при устойчивом балансе между здоровьем экосистемы и потребностями людей, считает исследование и поддержание такого баланса главной заботой каждого человека и общества в целом.

Жизненно важно последовательно применять принцип экоцентризма в научных разработках рационального природопользования, особенно, в таких краеугольных прикладных областях радиоэкологии, как радиационная безопасность живой природы [23], при

разработке научных основ безопасности живой природы в отношении как радиоактивных, так и всех других видов загрязнений.

В заключение подчеркнём, что ОРХБ, будучи в составе академического института, развивает исследования важнейших *в научном отношении фундаментальных закономерностей* взаимодействия природных и антропогенных радионуклидов, а также естественных и техногенных физико-химических факторов, с морскими экологическими системами. Особое значение придаётся приоритетному мощному научному направлению исследований в ОРХБ – *экологической метанологии*. Исключительно перспективно продолжение изучения экзобиологии батиаля Чёрного моря [7, 8, 24] в духе идей В.И. Вернадского о всюдности и вечности жизни (живого вещества) на планете и в Космосе.

В настоящее (2011 г.) время ОРХБ оперативно вовлечён, прежде всего, в следующие сферы деятельности и интересов, *в практическом отношении наиболее значимых на Чёрном море*:

- (а) дальнейшая разработка научных основ и методологии *радиационной и химической безопасности* морских экосистем от техногенных (аварийных или преднамеренно вызываемых) событий и природных катаклизмов. О грозности эры атомной энергии и необходимости эры экологической этики свидетельствует новая, после аварии на ЧАЭС (26 апреля 1986 г.), ядерная катастрофа на АЭС «Фукусима» в Японии на Тихоокеанском побережье (11 марта 2011 г.);
 - (б) оценка *роли регулярно функционирующих и эпизодических залповых газовыделений метана из морского ложа* как в формировании экологических и физических изменений в водной толще, так и в создании навигационной опасности для морского транспорта;
 - (в) рекомендации по разработке научных и технических основ *освоения гигантских самовозобновляемых запасов высокопродуктивной толщи глубинной воды сероводородной зоны* для интенсификации морских водорослевых хозяйств.
1. Водяницкий В. А. Допустим ли сброс отходов атомных производств в Чёрное море? // Природа. – 1958. - № 12. – С. 46 – 52.
 2. Водяницкий В. А. Записки натуралиста. – М.: Наука, 1975. – 192 с.
 3. Гулин С. Б., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н. и др. Реконструкция хронологии поступления ¹³⁷Cs и хлорорганических загрязнений в глубоководные донные отложения западной части Чёрного моря (1940 – 1990 гг.) // Доп. НАН України. – 1995. - № 1. – С. 93 – 96.
 4. Гулин С. Б., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., и др. Изучение сезонной динамики седиментационного выноса взвешенного вещества, биогенных элементов и загрязняющих веществ из поверхностного слоя воды Чёрного моря в период с 1992 по 1994 гг. // Геохимия. - 1995. - 4, № 6.- С. 863 - 873.
 5. Егоров В. Н., Поликарпов Г. Г., Кулебакина Л. Г. и др. Модель крупномасштабного загрязнения Чёрного моря долгоживущими радионуклидами цезием – 137 и стронцием – 90 в результате аварии на ЧАЭС // Водные ресурсы. – 1993. – 20, № 3. – С. 326 – 330.
 6. Егоров В. Н., Поликарпов Г. Г., Гулин С. Б., Артёмов Ю. Г., Стокозов Н. А., Костова С. К. Современные представления о средообразующей и экологической роли струйных метановых газовыделений со дна Чёрного моря // Морск. экол. журн. – 2003. – 2, № 3. – С. 5 – 26.
 7. Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н. и др. Средоточие останков оксибионтов и банк живых спор высших грибов и диатомовых в донных отложениях сероводородной батиаля Чёрного моря // Доп. НАН України. – 2007. - № 7. – С. 159 – 164.
 8. Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н. и др. Биологическое разнообразие оксибионтов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробов в донных осадках сероводородной батиаля Чёрного моря // Доп. НАНУ. – 2008. - №5. – С.168 –173.
 9. Кинне О. Международный Союз Экоэтики / Kinne O. EEIU Brochure. Russian Translation. - Oldendorf/Luhe: Inter-Research, 2001. – 6 с.
 10. Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г. Экологические индикаторные свойства природного радионуклида ²¹⁰Po // Наукові записки. – Серія: біол. – Спец. вип.: Гідроекологія. — 2005. – № 4 (27). – С.133 – 135.

11. Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г., Мирзоева Н.Ю. и др. Радиоэкологический мониторинг водной экосистемы Северо-Крымского канала и расположенных вдоль него орошаемых сельхозугодий // Радиоэкология: Успехи и перспективы: Матер. Междунар. науч. семинара (Севастополь, 3–7 октября 1994 г.). – Севастополь: ИнБЮМ, 1996. – II. – С. 148 – 162.
12. Молисмология Чёрного моря / Отв. ред. Г. Г. Поликарпов. – К.: Наук. думка, 1992. – 304 с.
13. Морская радиохемозология и проблема загрязнения / Под общ. ред. Г. Г. Поликарпова. – К.: Наук. думка, 1984. – 183 с.
14. Морская радиоэкология / Под ред. Г. Г. Поликарпова – К.: Наук. думка, 1970. – 275 с.
15. Национальная Академия Наук Украины. Геннадий Григорьевич Поликарпов. Библиография // Предисловие член-корр. НАНУ В.Н. Егорова и д.б.н. С.Б. Гулина. Составители: Г.Е. Лазоренко, Ю.Г. Марченко, Г.Ф. Гусева. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2009. – 147 с.
16. Поликарпов Г. Г. Накопление радиоизотопа цезия пресноводными моллюсками // Природа. – 1958. - № 3. – С. 86 – 87
17. Поликарпов Г. Г. Радиоизотопы и ионизирующие излучения в морской биологии // Труды СБС АН СССР. –1960. – 13. – С. 275 – 292. (Перевод на англ. яз.: JPRS 20, 630, 1 – 25 р.).
18. Поликарпов Г. Г. Материалы по коэффициентам накопления ^{32}P , ^{35}S , ^{90}Sr , ^{91}Y , ^{137}Cs и ^{144}Ce в морских организмах // Труды СБС АН СССР. – 1961. – 14. – С. 314 – 328.
19. Поликарпов Г. Г. Радиоэкология морских организмов / Под ред. В.П. Шведова. - М.: Атомиздат, 1964. – 295 с.
20. Поликарпов Г. Г. Морская радиоэкология и океанография // Вопр. биоокеанографии. – К.: Наук. думка, 1967. – С. 169 – 179.
21. Поликарпов Г. Г. Экологические основы охраны гидросферы от антропогенных воздействий // Гидробиол. журн. – 1981. – 17, вып. 6. – С. 3 – 10.
22. Поликарпов Г. Г. Экологическая этика: предмет и международное значение. – Лекция (рук.), 1997. – 11 с.
23. Поликарпов Г. Г. Радиационная защита биосферы, включая *Homo sapiens*: выбор принципов и поиски решения // Мор. экол. журн. - 2006. – 5, № 1. – С. 16 – 34.
24. Поликарпов Г. Г. Перспективный полигон экзобиологических и радиоэкологических исследований в батииали Чёрного моря // VI съезд по радиационным исследованиям радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность (Москва, Россия 25 – 8 октября 2010 г.). – Тез. докл.- Том II (секции VIII-XIV). - 2010. - С. 62.
25. Поликарпов Г. Г., Ааркрог А. Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды в России, Украине, Казахстане // Радиобиология. - 1993. – вып.1. – С. 15 – 24.
26. Поликарпов Г. Г., Єгоров В. М. Здатність морських екосистем до видалення радіоактивних і хімічних забруднень із фотичного шару // Вісник АН УРСР. – 1981. - № 2. – С. 73 – 81.
27. Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н. Морская динамическая радиохемозология. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 176 с.
28. Поликарпов Г. Г., Зайцев Ю. П. Горизонты и стратегия поиска в морской биологии: Докл. на Президиуме АН УССР 16 мая 1968. - К.: Наук. думка, 1969. – 31 с.
29. Поликарпов Г. Г., Лазоренко Г. Е., Терещенко Н. Н. и др. Ксенобиотические и биогенные свойства водной среды восстановительной зоны Чёрного моря для морских водорослей // Докл. АН УССР. – Сер. Б. – 1986. – № 4. – С. 76 – 79.
30. Поликарпов Г. Г., Лазоренко Г. Е., Терещенко Н. Н. и др. Миграционные свойства радионуклидов стронция и цезия в системе: придонная водная среда – донные отложения котловины Чёрного моря // Докл. АН УССР. – Сер. Б. – 1988. – N 7. - С.74 - 78.
31. Поликарпов Г. Г., Лазоренко Г. Е., Цыцугина В. Г. и др. Исследование биологической роли окисленной водной среды восстановительной зоны Чёрного моря // Совершенст. управл. развитием рекреат. систем: Сб. МГИ АН УССР (23 – 25 октября 1986, Севастополь). – Люберцы, 1987. – Ч. 3. – С. 608 – 623 – Деп. ВИНТИ № 5807 - В87.
32. Поликарпов Г. Г., Терещенко Н.Н., Хворов С. А. Десятилетний юбилей (1998 – 2008 гг.) Международного Союза Экоэтики // Мор. экол. журн. - 2008. – 7, № 1. – С. 89 – 93.
33. Поликарпов Г. Г., Тимошук В. И., Кулебакина Л. Г. Концентрация ^{90}Sr в водной среде нижнего Днепра // Докл. АН УССР. – 1988. - № 3. – С. 75 – 76.
34. Радиационная и химическая экология гидробионтов / Под. ред. Г. Г. Поликарпова. – К.: Наук. думка, 1972. – 117 с.
35. Радиохемозология Чёрного моря / Под. ред. Г. Г. Поликарпова, Рисика Н. С. – К.: Наук. думка, 1977. – 230 с.
36. Радиоэкологический отклик Чёрного моря на чернобыльскую аварию / Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б., Стокозов Н. А., Лазоренко Г. Е., Мирзоева Н. Ю., Терещенко Н. Н., Цыцугина В. Г., Кулебакина Л. Г., Поповичев В. Н., Коротков А. А., Евтушенко Д. Б., Жерко Н. В., Малахова Л. В. / Под ред. Г. Г. Поликарпова

- и В. Н. Егорова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 667 с.
37. Терещенко Н. Н. Содержание трансурановых элементов Pu, Am, Cm в донных отложениях и прилегающих почвах в ближайшей зоне ЧАЭС и на юге Украины // Радиоэкология: Успехи и перспективы: Матер. Междунар. науч. семинара (Севастополь, 3–7 октября 1994 г.). – Севастополь: ИнБЮМ, 1996. – 2. – С. 177 – 182.
 38. Терещенко Н. Н., Егоров В. Н. Кинетические закономерности поглощения и выведения фосфора черноморской зеленой водорослью *Ulva rigida* Ag. // Докл. АН УССР. – Сер. Б, 1985. – № 1. – С. 79 – 82
 39. Терещенко Н. Н., Поликарпов Г. Г. Радиационно-экологическая ситуация в Чёрном море в отношении ^{238,239,240}Pu после Чернобыльской аварии по сравнению с некоторыми другими водоёмами в 30-км зоне Чернобыльской АЭС и за её пределами / Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Нижневартовск, 2007. – Вып. 10. – С.12 – 29.
 40. Терещенко Н. Н., Поликарпов Г. Г., Лазоренко Г. Е. Радиоэкологическая ситуация в Чёрном море в отношении плутония: уровни загрязнения компонентов экосистемы и дозовые нагрузки на биоту // Морск. экол. журн. – 2007. – 6, № 2. – С. 25 – 38.
 41. Тимофеева–Ресовская Е. А., Попова Э. И., Поликарпов Г. Г. О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов: I. Концентрация радиоактивных изотопов фосфора, цинка, стронция, рутения, цезия и церия различными видами пресноводных моллюсков // Бюлл. МОИП, Отд. Биологии. – 1958. – 63. – С. 65 – 78.
 42. Цыцугина В. Г., Поликарпов Г. Г. Методология изучения эквивалентности действия радиоактивного и химического загрязнения на природные популяции гидробионтов // Гидробиол. журн. – 2004. – 40, № 5. – С. 78-89
 43. Цыцугина В. Г., Поликарпов Г. Г. Критерии идентификации «критических» популяций в водной радиохемозоологии // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2006. – 40, № 2. – С. 200 - 207.
 44. Цыцугина В. Г., Рисик Н. С., Лазоренко Г. Е. Искусственные и естественные радионуклиды в жизни гидробионтов / Под ред. Г. Г. Поликарпова. – Киев: Наук. думка, 1973. – 152 с.
 45. Чернобыль. 1986–1987 рр. Документи і спогади. Роль НАН України у подоланні наслідків катастрофи. – К.: Академперіодика, 2004. – 564 с.
 46. Egorov V.N., Gulin S.B., Polikarpov G.G., Osvath I. Black Sea // Radioactivity in the Environment / D. Atwood (Ed.). – Chichester: Willey & Sons, 2010. – P. 430 – 452
 47. Egorov V. N., Polikarpov G. G., Kulebakina L. G. et al. Modelling large-scale contamination of the Black Sea caused by long-lived radionuclides of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr following the Chernobyl accident // Comparative assessment of the environmental impact of radionuclides released during three major nuclear accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl: Proc. Symposium (Luxembourg, October 1 – 5, 1990): Report EUR 13574. – Luxembourg, 1991 – P. 649 – 664.
 48. Egorov V. N., Povinec P. P., Polikarpov G. G. et al. ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the Black Sea after the Chernobyl NPP accident: inventories, balance and tracer applications // J. Environ. Radioactivity. – 1999. – 43, № 2 – P. 137 – 155.
 49. Egorov V. N., Polikarpov G. G., Stokozov N. A. Inventory of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the Black Sea before and after the Chernobyl NPP accident // International Scientific Cooperation "Radiological Impact Assessment in the Southeastern Mediterranean Area". – Thessaloniki. – 2000. – 2. – P. 113 – 138.
 50. Fuma Sh. and Polikarpov G. G. Comparative Risk Assessment Between Ionising Radiation and Other Stressors// Scientific materials, International Union of Radioecology Working Group under chairmanship of Dr. F. Brechignac, France, 2010. – 20 p.
 51. Gulin S. B., Polikarpov G. G., Egorov V. N. The age of microbial carbonate structures grown at methane seeps in the Black Sea with an implication of dating of the seeping methane // Marine Chemistry. – 2003. – 84, No. 1-2. – P. 67 - 72.
 52. Gulin S. B., Polikarpov G. G., Egorov V. N. et al. Chronological study of ¹³⁷Cs, PCBs and some pesticides fluxes into the Western Black Sea deep sediments // Radiological exposure of the population of the European Community to radioactivity in the Mediterranean Sea (MARINA-MED Project). – Brussels-Luxembourg: ENEA. – 1995. – P. 487 – 500.
 53. Kinne O. Ethics and eco-ethics. - Marine Ecology - Progress Series. - 1997. – 153. - P. 1 - 3.
 54. Lazorenko G., Polikarpov G., Osvath I. ²¹⁰Po accumulation by components of the Black Sea ecosystem // Radioprotection. – 2009. – 44, № 5. – P. 981 – 986.
 55. Polikarpov G. G. Ability of some Black Sea organisms to accumulate fission products // Science. – 1961. – 133, № 3459. – P. 1127 – 1128.
 56. Polikarpov G. G. Radioecology of Aquatic Organisms: The accumulation and biological effect of radioactive substances / Transl. from the Russian by Scripta Technica, Ltd; Engl. Transl. eds. V. Schultz, A. W. Klement, Jr. – Amsterdam: North-Holland Publ. Co.; New-York: Reinhold book div., 1966. – 314 p.

57. Polikarpov G. G. Effects of ionizing radiation upon aquatic organisms (Chronic irradiation) // In: Atti della Giornata sul tema Alcuni Aspetti di Radioecologia. Associazione Italiana di Fisica Sanitaria e Protezione Contro le Radiazioni. XX Congresso Nazionale, Bologna, 1977. Poligrafici Parma-Bologna, giugno, 1978. – P. 25 – 46.
58. Polikarpov G. G. Radiation hydrobiology: beginning to the present (1896–1979) // In: Patel B., Ed., Management of Environment. New Delhi: Wiley Eastern Ltd. – 1980. – P. 287 – 301.
59. 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. – 1998. – 75, № 1 – 4. – P. 181 – 185.
60. Polikarpov G. G. The future of radioecology: in partnership with chemo-ecology and eco-ethics // J. Environ. Radioactivity. – 2001. – 53. – P. 5 – 8.
61. Polikarpov G. G., Kulebakina L. G., Timoshchuk V. I. et al. Some data of survey of ^{90}Sr and for comparison ^{137}Cs and Pu in the Dnieper river and its estuary // The SCOPE–RADPATH meeting "Biogeochemical Pathways of Artificial Radionuclides". (Lancaster, 26 – 30 March, 1990). – Lancaster, 1990. – 18 p.
62. Polikarpov G. G., Kulebakina L. G., Timoshchuk V. I. et al. ^{90}Sr and ^{137}Cs in surface waters of the Dnieper River, the Black Sea and Aegean Sea in 1987 and 1988 // J. Environ. Radioactivity. – 1991. – 13. – P. 25 – 38.
63. Polikarpov G. G., Lazorenko G. E., Tereshchenko N. N. Biogenic properties of deep waters from the Black Sea reduction (hydrogen sulphide) zone for marine algae // J. Black Sea /Mediterranean Environment. – 2006. – № 12. – P. 129 – 153.
64. Polikarpov G. G., Zaitsev Yu. P., Fuma S. Equidosemetry of deleterious factors at the level of populations and communities of aquatic organisms // Мор. екол. журн. – 2004. – 3, № 2. – P. 5 – 13.
65. Tereshchenko N.N., Polikarpov G.G., Lazorenko G.E. Doses with α -particles of plutonium anthropogenic radioisotopes to the Black Sea hydrobionts // Radioprotection. – 2009. – 44, № 5. – P. 305 – 309.
66. Tsytsugina V. G., Polikarpov G. G. Radiological effects on populations of Oligochaeta in the Chernobyl contaminated zone // J. Environ. Radioactivity. – 2003. – 66. – P. 141 – 154.
67. Tsytsugina V. G., Polikarpov G. G. The estimation of Chernobyl accident influence on the natural populations of the Black Sea basin hydrobionts by cytogenetic criteria // 20 Years of the Chernobyl Accident / eds. E. Burlakova and V. Naidich. – Nova Science Publ. Inc., 2006. P. 287 – 302.
68. Tsytsugina V. G., Risik N. S., Lazorenko G. G. Artificial and natural radionuclides in marine life / ed. G.G. Polikarpov. – Jerusalem – New-York. – 1975. – 118 p.

Поступила 25 февраля 2011 г.

Історія морської радіоекології та її дочірніх напрямків в СБС АН СРСР – ІнБПМ НАНУ (1956 – 2011). Г. Г. Полікарпов, В. М. Єгоров, С. Б. Гулін, Н. М. Терещенко. Відображені наукові етапи історії відділу радіаційної та хімічної біології (ВРХБ) ІнБПМ НАН України, включаючи розвиток в ньому морської радіоекології, радіохемоекології, молісмології та біофізики моря на основі принципів загальної біології, біогеохімії та екоетики в період 1956 – 2011 рр. Показано пріоритет ІнБПМ НАН України (у початковий період Севастопольської біологічної станції АН СРСР) в організації перших радіоекологічних досліджень на Чорному морі та всьому Середземноморському басейні, а також пріоритет в світовій літературі у монографічному викладі і обґрунтуванні понять і проблем морської радіоекології (1956 – 1966). Внесено доробок в захист Чорного моря проти зарубіжних пропозицій про перетворення його в могильник радіоактивних відходів (1950-і рр.). Сумісно з організаціями багатьох країн обґрунтована необхідність припинення випробувань ядерної зброї у відкритих середовищах (1960 – 1963), а потім і видалення твердих радіоактивних відходів на дно океанів (1984 р.). Вивчено відгук Чорного моря (1986 – 2011) на аварію на Чорнобильській АЕС в 1986 р. Викладено розвиток ряду нових важливих дочірніх наукових напрямків. Показано, що, всупереч очікуванням, глибинна вода з сірководневої зони Чорного моря має (після окислення в ній сірководню) властивості високопродуктивного середовища для морських водоростей (1984 – 2010). За допомогою сучасних радіогеохронологічних методів досліджено вік шарів глибоководних осадів – своєрідного законсервованого «банку» живих спор водних і наземних оксидантів - в сірководневій бенталі Чорного моря (2007 – 2008). Виконано значні дослідження і узагальнення в новій пріоритетній для ІнБПМ області – з вивчення біогеохімічної і середовищеутворюючої ролі відкритого в 1989 р. ВРХБ великомасштабного явища, а саме: метанових газових ділень з чорноморських глибин (1989 – 2011).

Ключові слова: Історія морської біології, морська радіоекологія, біофізика моря, глибоководна радіохемоекологія, екоетика, аварія на Чорнобильській АЕС, метанові сипи, Чорне море, Севастопольська біологічна станція, Інститут біології південних морів, відділ радіаційної та хімічної біології.

Marine radioecology and its derivatives in Sevastopol Biological Station, A.S. of USSR and IBSS NAS of Ukraine (1956 – 2011) G. G. Polikarpov, V. N. Egorov, S. B. Gulin, N. N. Tereshchenko. Main periods of scientific history of the Department of Radiation and Chemical Biology (DRChB) of IBSS NAS Ukraine are described including its contributions to development of marine radioecology, radio-chemo-ecology, molismology and marine biophysics on basis of principles of general biology, biogeochemistry and eco-ethics during the period of 1956 – 2011. The priority of IBSS NAS of Ukraine (initially SBS Ac. Sc. USSR) in organization of the very first radioecological studies in the Black Sea and in Mediterranean basin, as well as in the world earliest systematized monographic description and substantiation of conception and problems of marine radioecology (1956 – 1966) is shown. The contribution to defense the Black Sea against foreign proposals to turn this sea into radioactive waste mortuary have been made in 1950's. At one time with organizations of many countries, the necessity to stop the nuclear weapon tests in the open environments (1960 – 1963) and the removal of solid radioactive wastes to the oceans' floor (1984) were grounded. The response of the Black Sea to Chernobyl accident has been studied in 1986 – 2011. Development of several new important scientific daughter directions is stated. It is shown that, contrary to expectations, the anoxic Black Sea water after oxidation of hydrogen sulfide behaves as highly productive medium for marine algae (1984 – 2010). Advance of the up-to-date radiogeochronological methods has allowed dating of the deep-sea sediments which are unique "bank" in anoxic sediments of the Black Sea of latent living spores of aquatic and terrestrial organisms (2007 – 2008). Outstanding researches and generalizations have been fulfilled in new priority area for the IBSS – the study of biogeochemical and ecological role of the recently found large-scale phenomena: methane gas seeps in the Black Sea (1989 – 2011).

Keywords: History of marine biology, marine radioecology, biophysics of the sea, deep-sea radio-chemo-ecology, eco-ethics, Chernobyl NPP accident, methane seeps, the Black Sea, Sevastopol biological station, Institute of Biology of Southern Seas, Department of Radiation and Chemical Biology.