Тюменская Государственная Сельскохозяйственная Академия

Отделение «Водные биоресурсы и аквакультура »  
Кафедра гидроэкологии и реабилитации водоёмов

Зооинженерный факультет

#### РЕФЕРАТ

##### Влияние радионуклидов на рыб

Руководитель: Михайлова Людмила Владимировна

Исполнитель: Кутафин Владимир Петрович гр.931а

Тюмень 2004

ВВЕДЕНИЕ

Развитие атомной энергетики, с одной стороны, и растущая опасность расширяющегося воздействия человека на биосферу, которое приняло в настоящее время глобальные размеры, с другой — обусловливают необходимость научного анализа последствий перевода топливно-энергетической базы на ядерную основу. Среди комплекса проблем — экономических, социально-политических, психологических, экологических, — которые выдвигает начавшийся переход энергетики с ископаемого топлива на ядерное, наиболее важной является проблемавлияния ядерной энергетики на внешнюю среду.

Увеличение естественного радиационного фона, которое сопровождает освоение человеком энергии атомного ядра, привело к формированию ряда научных дисциплин: радиоэкологии, радиационной гигиены, ядерной метеорологии и др., всесторонне исследующих закономерности поведения во внешней среде радионуклидов и действия ионизирующих излучений на объекты окружающей среды и человека. В результате радиологических исследований к настоящему времени достаточно полно изучены основные особенности миграции наиболее важных в радиологическом отношении нуклидов в природных биогеоценозах, включая водные сообщества, а также влияние облучения на живые организмы, в том числе водные растения и животных. Это позволило оценить радиационную обстановку в различных регионах земного шара, а также собрать научную информацию для прогнозирования возможных радиологических последствий попадания радиоактивных веществ в окружающую среду.

Подробными радиоэкологическими исследованиями в последние 15—20 лет была охвачена и гидросфера Земли. Интерес к проблемам водной радиоэкологии предопределяется рядом причин. Во-первых, моря и океаны являются основным резервуаром, куда поступают радионуклиды (выпадения из атмосферы, жидкий и твердый сток с суши). Во-вторых, в водной среде обитают некоторые виды организмов, характеризующихся относительно высокой радиочувствительностью. В-третьих, специфические физико-химические свойства водной среды обеспечивают исключительно высокое накопление некоторых радионуклидов водными растениями и животными(коэффициенты накопления отдельных радионуклидов гидробионтами равны десяткам и сотням тысяч, т. е. концентрация радионуклидов в этих организмах в 104—105 раз выше, чем в воде), и в целом аккумуляция радиоактивных веществ живым веществом в воде относительно среды значительно выше, чем на суше. В-четвертых, в последние годы непрерывно возрастает роль Мирового океана как источника пищевых ресурсов человека, а в недалеком будущем гидросфера может стать основным поставщиком белков и других ценных питательных веществ для человека. С этой точки зрения вопросы накопления радионуклидов в пищевых морепродуктах приобретают первостепенный интерес. И, наконец, в-пятых, успехи водной радиоэкологии предопределяют решение такихважных вопросов, как удаление радиоактивных отходов.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Природные экосистемы загрязнены техногенными радионуклидами из разных источников: во-первых, это глобальные радиоактивные выпадения из атмосферы – результат испытаний ядерного оружия; во-вторых, значительное количество радионуклидов поступило в окружающую среду в результате деятельности ядерных предприятий и аварий на них.(А.Ааркрог и др. Изучение вклада наиболее крупных ядерных инцидентов в радиоактивное загрязнение Уральского региона, ЭКОЛОГИЯ, Номер 1, 1998 г.)

Две тысячи ядерных взрывов, из них 483 испытания в атмосфере, распыливших две тонны плутония, плюс Чернобыль резко стимулировали интерес населения и государственных органов к контролю заражения воды радиоактивными элементами.

Радиоактивному загрязнению подвержен и мировой океан. Низкорадиоактивные отходы сбрасывали в моря и океаны Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Корея, Нидерланды, Новая Зеландия, Россия, США, Франция, Швейцария, Швеция, Япония. На морском дне лежат несколько погибших атомных подводных лодок США и России, контейнеры с радиоактивными отходами западных стран, потерянные ядерные бомбы, затопленные атомные реакторы ледоколов, а также кораблей ВМФ. (Г.С.Фомин, ВОДА, 1995 г.)

В связи с намеченной обширной программой строительства атомных электростанций и стремлением по-хозяйски использовать водоёмы охладители изучение закономерностей поведения радионуклидов в них приобретает практический интерес. (Н.И.Буянов и др. Накопление и выведение искусственных радионуклидов организмами пресноводных рыб, ЭКОЛОГИЯ, Номер 4, 1983 г.)

Биосфера находится под неблагоприятным воздействием антропогенных факторов, что нарушает её динамическое равновесие. Аварии и неконтролируемые утечки могут периодически подпитывать атмосферу загрязняющими веществами, и в этом смысле радиоактивным материалам будет принадлежать, к сожалению, не последнее место. Основным их источником в настоящее время является воздушный бассейн, куда в период интенсивного испытания ядерного оружия (1945—1963 гг.) было инжектировано очень большое количество осколочных радионуклидов. На поверхность Мирового океана все еще продолжают выпадать большие количества долгоживущих радиоактивных аэрозолей.

Определенный вклад в загрязнение биосферы может быть обусловлен и подземными ядерными взрывами, сопряженными с аварийным выбросом раскаленных радиоактивных паров и газов через образовавшиеся трещины в грунте.

Потенциальным источником радиоактивного загрязнения природы являются реакторы атомных электростанций и других предприятий атомной индустрии, расположенных не только в прибрежной зоне, но и в глубине континента.

Такимобразом,в итоге глобального, хотя и слабого, загрязнения биосферы антропогенными радионуклидами современное радиационное поле зоны биопоэза обусловливается двумя составляющими - природного иискусственного

происхождения. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

**НАХОЖДЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ**

Радиоактивные элементы могут присутствовать в воде как в виде радиоактивных солей (сбросы заводов по производству ядерного топлива), так и в виде механических (вкрапления радионуклидов в минеральные частицы) и биологических загрязнений (рачки, обитающие в радиоактивном иле водоёмов). Как правило, радионуклиды, попавшие в водную среду, неравномерно распределяются как по объёму воды, так и в донных отложениях. В илистом дне содержание радионуклидов во много раз больше, чем в песочном. Со временем радионуклиды, попавшие в воду, концентрируются в донных отложениях.

(Г.С.Фомин, ВОДА, 1995 г.)

При попадании в водные экосистемы радиоизотопы избирательно накапливаются отдельными компонентами водоёма, тем самым, создавая различные радиационные условия для каждой из экологических групп. Накопление радиоизотопов грунтами весьма различно и зависит не только от физико-химических свойств этих элементов, но и от специфических свойств грунтов в различных водоёмах. (Г.Б.Питкянен, Особенности радиационных условий развития икры пресноводных рыб, относящихся к разным экологическим группам, ЭКОЛОГИЯ, Номер 6, 1974 г.)

Радионуклиды, содержащиеся в воде, по своему происхождению могут быть разделены на две группы: к первой относятся те, которые существовали при образовании Земли; ко второй — радионуклиды, возникающие непрерывно в результате природных ядерных превращений.

Среди первичных радионуклидов выделяется группа относящихся к трём радиоактивным семействам, родоначальниками которых являются U238, U235 и Тh232, и группа расеянных терригенных радионуклидов. Главным представителем последней группы является К40, который имеет наиболее широкое распространение и, как правило, содержится во всех компонентах биосферы в относительно больших концентрациях; поэтому β-активность воды и живого субстрата в основном обусловливается К40. Все первичные радионуклиды, содержащиеся в воде, имеют континентальное происхождение, в то время как радионуклиды, образующиеся под действием космических лучей, а также большинство антропогенных поступают в океан из атмосферы. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

**ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ**

Все существующие и вероятные источники радиоактивного загрязнения моря (ИРЗ) можно подразделить на две основные группы:

1) функционирующие, обусловливающие непрерывное или

периодическое поступление радиоактивных веществ в гидросферу;

2) потенциальные, которые в данный период времени не поставляют во внешнюю среду искусственные радионуклиды, но в аварийных или иных ситуациях, связанных с нарушением технологии, правил безопасности или других ограничений, могут стать причиной образования обширных или локальных, стойких или временных очагов загрязнения моря.

В свою очередь, функционирующие ИРЗ различаются по продолжительности и ритму действия, характеру и количеству радиоактивных веществ, рассеиваемых в биосфере, их нуклидному составу, пути поступления в водную среду и т. п.Одни функционирующие ИРЗ моря отличаются относительно выраженным постоянством влияния на радиационную обстановку. Другие характеризуются периодичностью действия, при этом не всегда ритмичной, когда в водную среду через соответствующие интервалы времени попадают радиоактивные вещества разной концентрации. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

**УСВОЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ГИДРОБИОНТАМИ**

Особенно важным является изучение путей поступления радионуклидов в гидробионты, а также исследование динамики выведения ранее накопленных излучателей из организмов, поиск путей, средств и веществ, которые защитили бы организм от чрезмерно высокого накопления радионуклидов или ускоряли бы выведение их из гидробионтов. (Н.И.Буянов и др. Накопление и выведение искусственных радионуклидов организмами пресноводных рыб, ЭКОЛОГИЯ, Номер 4, 1983 г.)

Много работ отечественных и зарубежных учёных посвящено изучению загрязнения рыб радиоактивными веществами. По своей направленности эти работы можно разделить на две группы. Одна из них посвящена изучению поступления, накопления и перераспределения радиоактивных веществ в организме рыб, а так же выведения их из органов и тканей рыб, другая – вопросам биологического действия радиации на организм рыб.

Загрязнение рыб происходит путём непосредственной адсорбции радиоактивных веществ поверхностью тела, через пищу и в результате других обменных процессов между организмом и окружающей средой. Во внутренние органы рыб радиоактивные элементы проникают через кожу, жабры и ротовую полость.

Одним из важных источников заражения рыб является передача радиоактивных веществ по пищевым цепям. Молодь большинства рыб и многие взрослые рыбы питаются планктоном, который способен накапливать радионуклиды до концентраций в сотни и тысячи раз больших, чем в окружающей воде. Поэтому при малом содержании радиоактивных веществ в воде поступление их в организм рыб обусловливается в первую очередь загрязнённой пищей. При нахождении в воде, загрязнённой радиоактивными веществами, рыбы получают внешнее облучение. Адсорбированная на поверхности их тела активность создаёт облучение организма. В свою очередь радиоактивные вещества, накапливающиеся в органах и тканях, создают внутренний источник облучения. (Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.)

Радионуклиды, так же как и все стабильные нуклиды, поступают в тело гидробионтов через пищеварительный тракт, жаберный аппарат и покровные ткани. Интенсивность усвоения организмом радионуклидов во многом определяется степенью физико-химического тождества их со стабильными нуклидами, необходимыми для оптимального функционирования бионта, а также агрегатным состоянием, концентрацией в воде, функциональным состоянием организма и т. п. Живые организмы усваивают нуклиды одного элемента практически в равной степени, так как по химическим свойствам они тождественны.

Интенсивность поступления в организм радионуклида в существенной мере зависит от пути его проникновения. Радиоактивные вещества, содержащиеся в твердых частицах, гидробионтами практически не усваиваются. В отличие от этого радионуклиды, находящиеся в ионном состоянии, поглощаются гидробионтами интенсивно. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

Освобождение организма рыб от радиоизотопов идёт несколькими путями: смыванием с поверхности тела, удалением с продуктами обмена, а также в результате распада радиоизотопов. (Д.Д.Ромашов, Радиоактивное заражение рыб, ТРУДЫ СОВЕЩАНИЙ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ КОМИССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР, ВЫП. 10, 1960 г.)

**НАКОПЛЕНИЕ РЫБАМИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Накопление радиоактивных веществ органами и тканями рыб, а также распределение и выделение их зависит от целого ряда условий, основными из которых являются: химическая природа радиоизотопов и периоды их полураспада, концентрация радиоизотопов в воде, вид, возраст и физиологическое состояние рыб и экологические условия. Опыты на рыбах ставились с радиоизотопами стронция, цезия, иттрия, церия, фосфора, кальция, урана, йода, кобальта, полония. Различные радиоизотопы, попадая в организм рыб, распределяются по органам и тканям неравномерно. Концентрация в тканях определяется в первую очередь их химическими свойствами. Встречаясь с различными химическими соединениями, входящими в состав тканей рыб или являющимися продуктами обмена веществ, радиоизотопы вступают с ними в обменные реакции. Так, радиостронций очень близок в химическом отношении к кальцию и, попадая в животный организм, откладывается в кальцийсодержащих тканях, главным образом в костях. Повышение содержания нерадиоактивного кальция в окружающей воде ведёт к снижению кумуляции радиостронция рыбами. Ход направленности обменных реакций в организме рыб определяются соотношением между процессами накопления и выведения радиоизотопов организмом.

Кумуляция радиоизотопов органами и тканями рыб зависит, прежде всего, от концентрации этих радиоизотопов в воде и времени пребывания в ней рыб. Чем выше степень радиоактивности воды, тем больше степень загрязнённости рыб.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Удельная радиоактивность  воды, *кюри/л* | Удельная радиоактивность  Рыбы, *кюри/л* | Кратность накопления |
| 3,3×10-5 | 3,9×10-5 | 118 |
| 1,55×10-6 | 2,5×10-6 | 161 |
| 4,1×10-6 | 1,2×10-6 | 283 |

В воде с высокой концентрацией радиоизотопов кумуляция последних происходит в одних тканях, а при низких – в других.

При однократном загрязнении рыб даже большими количествами радиоизотопов накопление их организме бывает незначительным. При длительном же загрязнении низкими концентрациями радиоизотопы могут накапливаться в организме в больших количествах.

Наиболее интенсивная кумуляция радиоактивных веществ происходит в первые сутки. При равности процессов поступления и выведения радиоактивных элементов через 2 – 3 месяца наступает предельное накопление радиоизотопов органами и тканями. При достижении предела накопления радиоактивных веществ организмом дальнейшая кумуляция прекращается.

Молодые и быстрорастущие рыбы кумулируют радиоизотопы быстрее и в относительно больших количествах, чем рыбы среднего и старого возраста.

У донных рыб накопление радиоизотопов идёт быстрее, чем у пелагических. Таким образом, экологические условия и физиологическое состояние рыб играют значительную роль в загрязнении их радиоактивными веществами. (Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.)

Изучение накопления цезия-137 водными организмами в природных условиях связано с количественной оценкой и прогнозированием перехода искусственных радионуклидов из внешней среды в живые организмы. В настоящее время наиболее интересны исследования в естественных условиях, так как они позволяют получить реальные количественные показатели миграционного переноса радионуклидов в те или иные элементы экосистемы.

В работе были использованы несколькие виды морских и полупроходных рыб. Для анализа отбирали целых рыб, и только у крупных рыб исследовали центральную часть тушки. Результаты определений приведены в таблице.

## 

## Накопление цезия-137 и калия в рыбах Каспийского моря

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид рыб | Тип питания | Содержание ка-  лия, г/кг сы-  рой массы | Содержание цезия-137, пКи | | | | Наблюдаемое  отношение  (НО) | |
| на кг  сырой мас-  сы рыбы | На г калия | | |
| В воде | | В рыбе |
| Вобла | Бентофаг | 2,15 | 21±1,41 | 6,7 | 9,8 | | 1,5 | |
| Кутум |  | 3,42 | 20±3,46 | 6,7 | 5,8 | | 0,9 | |
| Сазан |  | 2,65 | 26±1,00 | 6,7 | 9,8 | | 1,5 | |
| Севрюга | Смешанный | 1,50 | 49±7,68 | 6,7 | 32,6 | | 4,7 | |
| Осётр |  | 2,00 | 59±7,81 | 6,7 | 29,5 | | 4,2 | |
| Килька ан-  чоусовидная | Плангтофаг | 3,00 | 64±7,81 | 6,7 | 21,3 | | 3,2 | |
| Каспийский  пузанок |  | 3,00 | 69±4,32 | 6,7 | 23,0 | | 3,4 | |
| Сельдь боль-  шеглазая | Ихтиофаг | 3,12 | 128±25,45 | 6,7 | 41,1 | | | 6,1 |
| Сельдь-чер-  носпинка |  | 2,82 | 156±23,30 | 6,7 | 55,4 | | 8,2 | |
| Судак |  | 2,43 | 63±6,56 | 13,5 | 26,0 | | 1,9 | |
| Жерех |  | 2,82 | 70±5,15 | 13,5 | 24,8 | | 1,8 | |

Как видно из таблицы, концентрации цезия-137 в организме различных видов рыб находились в диапазоне от 20 до 156 пКи/кг. Наибольшее накопление выявлено у морских и полупроходных рыб из семейства сельдевых, а наименьшее – у рыб семейства карповых; осетровые занимали промежуточное положение. По значениям НО видно, что почти для всех исследованных видов рыб дискриминация калия по отношению к цезию-137 была значительной. Величины НО коррелируют с типом питания рыб – максимальное у ихтиофагов, среднее – у планктофагов, минимальное – у бентофагов.

На основе рассмотрения величин НО можно констатировать, что в рамках как морской, так и в пресноводной экосистем происходит дискриминация в паре цезий-137/калий при переходе этих элементов из водной среды в организм рыб. Миграционный перенос цезия-137 из морской среды в организм рыб зависит от типа питания, в связи с чем можно использовать отношение цезий-137/калий для выяснения трофических связей гидробионтов. (А.П.Панарин и др. О дискриминации в паре цезий-137 – калий при переходе из морской среды в организм рыб, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКОГО И РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ, 1983г.)

Многочисленными исследованиями в природе установлено, что уровни накопления рыбами радионуклидов находятся в обратной зависимости от минерализации водоёмов и содержания в воде их химических аналогов. (Н.И.Буянов и др. Накопление и выведение искусственных радионуклидов организмами пресноводных рыб, ЭКОЛОГИЯ, Номер 4, 1983 г.)

Существенно влияют на накопление радионуклидов в теле рыб сезонная смена года и температура воды: чем выше температура, тем активнее откладываются радионуклиды. При одновременном загрязнении радионуклидом воды и корма накопление в тканях рыбы обычно выше, чем в случае его поступления только с кормом.

Накопление радионуклидов в тканях во многом зависит от физиологической активности рыбы: чем активнее её образ жизни и чем она моложе, тем, как правило, больше откладывается в ее тканях радионуклидов. Интенсивность накопления

радионуклидов у рыб подвержена так же видовым колебаниям. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

**ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОЙ СРЕДЫ**

Вопрос о радиационном поражении рыб изучен ещё далеко недостаточно. Однако все имеющиеся по этому вопросу материалы приводят к основному выводу, что ионизирующие излучения оказывают угнетающее и разрушающее действие на рыб (быть может, кроме самых низких доз облучения). Такое разрушающее действие проявляется на всех стадиях развития: на оплодотворённой и развивающейся икре, на личинках, мальках и взрослых рыбах, на производителях и на их половых продуктах – икре и спермиях. В потомстве облучённых производителей можно ожидать значительных генетических поражений, правда, ещё мало изученных. В зависимости от дозы облучения наблюдаются тяжёлые поражения половых желёз, крови, кроветворных и других жизненно важных органов, дефекты в развитии и уродства у эмбрионов и личинок, повышенные отходы, отставание в росте и т. д. (Д.Д.Ромашов, Радиоактивное заражение рыб, ТРУДЫ СОВЕЩАНИЙ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ КОМИССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР, ВЫП. 10, 1960 г.)

*ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ*

Радиоактивное загрязнение водоёмов оказывает значительное влияние на гидробионтов, в результате которого происходят сложные физико-химические, биохимические и функциональные изменения в их органах и тканях. Под действием стронция-90 в большей степени проявляются морфологические, а цезия-137 – генетико-биохимические аномалии.

Известно, что при воздействии радионуклидов существенные изменения происходят в липидном обмене. В первую очередь это касается представленных во всех органах и тканях оксидантных систем, которые участвуют в регуляторных функциях клетки, поддерживая реакции окисления на минимальном стационарном уровне. Однако при различных патологических состояниях, в том числе возникающих и при воздействии ионизирующего излучения, процессы клеточного окисления дестабилизируются, что приводит к накоплению липидных перекисных соединений и нарушению обменных процессов в клетке. Прежде всего, изменяется состояние и проницаемость клеточных мембран. Происходят инактивация и солюбилизация мембранных ферментов, нарушение белок-липидных взаимодействий в мембранах. Такие процессы, как правило, наблюдаются при высоких дозах радиоактивного воздействия. При малых дозах изменения в обмене веществ носят адаптивный характер. (В.Д.Соломатина и др. Особенности метаболизма рыб в условиях радиоактивного загрязнения, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, Том 36, номер 3, 2000 г.)

Радиоактивный стронций оказывает различное действие на различные группы гидробионтов. Наиболее чувствительны к его действию планктонные организмы, затем рыбы и менее всего – водные растения. Безвредной концентрацией радиоактивного стронция в воде для наиболее чувствительных организмов следует считать 5×10-5 *кюри/л.* (Г.Д.Лебедева, Влияние стабильного и радиоактивного стронция на пресноводные организмы, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, Номер 4, 1968 г.)

Под действием облучения у рыб отмечаются аноксия, резко выраженная лейкопения, депрессия роста, общая мышечная слабость, снижение реакции на внешнее раздражение и в конечном итоге – высокая смертность. (Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.)

Суммарное облучение организма рыб может привести к появлению лучевых поражений. Биологическое действие радиоизотопов на организм зависит от дозы, мощности её и типа излучения.

По отношению к радиации рыбы обладают большей резистентностью, чем млекопитающие. Смертельной для рыб является доза 3500 – 4000 *р.* Первые изменения в организме появляются при действии дозы в 600 *р.* Так, у молоди карпа после такой дозы облучения появляются изменения в крови (лейкопения). Повышение дозы до 1400 *р.* ведёт к дальнейшему развитию лейкопении и соматическим нарушениям.

Личинки рыб могут жить некоторое время после действия на них 20 000 – 40 000 *р.* Действие производимое на рыб большими дозами облучения, выражается в виде шока или, наоборот, повышенного возбуждения. При небольших дозах облучения эти явления отсутствуют.

Характерной особенностью действия облучения является наличие скрытого периода, в течение которого в организме нельзя обнаружить каких-либо изменений. Он длится у рыб 1 – 3 недели, а затем появляются поражения. В дальнейшем наступает период, когда рыбы гибнут или выздоравливают.

Основные изменения, происходящие в организме рыб, даже после незначительного влияния радиоактивных веществ, проявляются в сдвигах обменных процессов и изменениях картины крови.

Короткоживущие радиоизотопы (с малым периодом полураспада) значительно менее опасны при загрязнении ими рыб, чем такие радиоизотопы, периоды полураспада которых исчисляется годами и десятками лет. Известно, что многие долгоживущие радиоизотопы являются высоко органотропными, и рыбы, загрязнённые ими, могут стать опасными источниками заражения других животных, в том числе и человека. (Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.)

*РЕПРОДУКТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ*

Основной формой размножения пресноводных рыб является икрометание, в связи с чем эмбриональное развитие их происходит во внешней среде, которая определяет особенности экологии того или иного вида рыб. Большинство рыб, населяющих пресные водоёмы нашей страны, откладывает икру на водной растительности или на дне водоёмов – фитофильные, литофильные группы. Несколько меньше видов, икра которых развивается в толще или в поверхностных слоях воды, как это происходит у пелагофильных рыб. При попадании в водные экосистемы радиоизотопы избирательно накапливаются отдельными компонентами водоёма, тем самым, создавая различные радиационные условия для развития эмбрионов каждой из экологических групп рыб. (Г.Б.Питкянен, Особенности радиационных условий развития икры пресноводных рыб, относящихся к разным экологическим группам, ЭКОЛОГИЯ, Номер 6, 1974 г.)

Гонады относятся к наиболее радиочувствительным органам. Изменения в половых железах сказываются как на плодовитости рыб, так и на жизнеспособности и полноценности потомства. В семенниках поражаются молодые сперматоциты и происходит нарушение клеточных ядер, что ведет к снижению плодовитости самцов. В яичниках в первую очередь поражаются молодые овоциты и значительно позднее – зрелые половые клетки. Чем выше доза облучения, тем медленнее идёт процесс нормализации овогенеза. (Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.)

Абсолютно смертельные дозы для рыб значительно выше, чем для млекопитающих, и только развивающаяся икра чрезвычайно чувствительна, особенно на самых ранних стадиях дробления в определённые моменты митотического цикла.

Цитологическими исследованиями на развивающейся икре рыб, установлена прямая зависимость процента гибели икры и процента уродств у эмбрионов от степени и характера повреждения ядерных структур. Этим ещё раз подтверждаются современные цитогенетические представления, по которым один из основных источников лучевого поражения организма лежит в разрушениях клеточного ядра. Становится очевидным, какое важное значение для рыбной промышленности приобретают исследования по влиянию на рыб радиоактивных загрязнений в местах производства атомной энергии. В программу таких исследований должны быть включены: во-первых, более подробное установление степени и характера радиационного поражения рыб; во-вторых, изучение способа защиты рыб от такого поражения, и, наконец, разработка мер предохранения населения от возможного вреда, причиняемого радиоактивно заражёнными рыбами. (Д.Д.Ромашов, Радиоактивное заражение рыб, ТРУДЫ СОВЕЩАНИЙ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ КОМИССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР, ВЫП. 10, 1960 г.)

Таким образом, действие радиоактивных веществ на организм рыб приводит к целому ряду нарушений. (Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1) Г.В.Фёдорова, О радиоактивном загрязнении рыб, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, Номер 3, 1962г.

2) Д.Д.Ромашов, Радиоактивное заражение рыб, ТРУДЫ СОВЕЩАНИЙ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ КОМИССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР, ВЫП. 10, 1960 г.

3) Г.Б.Питкянен, Особенности радиационных условий развития икры пресноводных рыб, относящихся к разным экологическим группам, ЭКОЛОГИЯ, Номер 6, 1974 г.

4)Л.А.Перцов, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРЯ, 1978г.

5) А.П.Панарин и др. О дискриминации в паре цезий-137 – калий при переходе из морской среды в организм рыб, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКОГО И РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ, 1983г.

6)Н.И.Буянов и др. Накопление и выведение искусственных радионуклидов организмами пресноводных рыб, ЭКОЛОГИЯ, Номер 4, 1983г.

7) А.Ааркрог и др. Изучение вклада наиболее крупных ядерных инцидентов в радиоактивное загрязнение Уральского региона, ЭКОЛОГИЯ, Номер 1, 1998 г.

8) Г.С.Фомин, ВОДА, 1995 г.

9) Г.Д.Лебедева, Влияние стабильного и радиоактивного стронция на пресноводные организмы, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, Номер 4, 1968 г.

10) В.Д.Соломатина и др. Особенности метаболизма рыб в условиях радиоактивного загрязнения, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, Том 36, номер 3, 2000 г.