

УДК 639.2.053.32 : 639.212 : 639.215] : 621.039.8

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОНЦИЯ-89
ДЛЯ МАССОВОГО МЕЧЕНИЯ МОЛОДИ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ**

И. А. ШЕХАНОВА

Применяемые в настоящий момент при массовом мечении ряда промысловых рыб радиоактивные изотопы фосфор-32 и кальций-45 не удовлетворяют полностью требованиям рыбоводных и ихтиологических исследований. Фосфор-32 быстро усваивается рыбами и из кормов и из воды, благодаря высокой энергии излучения легко регистрируется полевыми и стационарными радиометрами, но из-за короткого периода полураспада сохраняется как метка в теле рыбы лишь 2,5—3 месяца. Кальций-45, локализуясь в костях, надолго задерживается в теле рыбы — до 1,5—2 лет, но из-за малой энергии излучения его очень трудно зарегистрировать и тем самым меченую рыбу отличить от немеченой. В то же время необходимость проведения массового мечения молоди не отпала, так как не решены многие вопросы, связанные с эффективностью работ рыбоводных заводов и нерестово-выростных хозяйств. С учетом этого основной целью наших работ явилось подыскать для массового мечения радиоактивный изотоп, обладающий высокой энергией излучения, большим периодом полураспада и способностью длительное время находиться в организме рыбы.

Выбор пал на стронций-89, имеющий период полураспада 50,5 дня и дающий жесткое бета-излучение с максимальной энергией 1,462 Мэв [7]. Прежде чем рекомендовать его для мечения, необходимо было изучить некоторые стороны его обмена в организме рыб.

Еще не так давно стронций не считался нормальной составной частью животного организма. Однако за последнее время целым рядом исследователей стронций был найден в костях кроликов, собак, голубей и других животных [4]. Он является остеотропным элементом; более богатые кальцием органы содержат больше стронция. Таким образом, наблюдается параллелизм между распределением стронция и кальция в органах и тканях животных и человека.

Пути поступления стронция в организм животных изучены довольно слабо. По данным А. И. Войнар [4], растворимые соли стронция подобно кальциевым солям легко всасываются в тонких кишках и в значительной мере отлагаются в костях. Основные опыты в этом направлении были проведены с млекопитающими. Интенсивность всасывания кальция и стронция в тонких кишках крысы зависит от присутствия в диете щелочноземельных металлов, таких как магний и барий. При увеличении в растворе, вводимом крысам в начальный

отдел двенадцатиперстной кишки, магния и бария повышалось отношение всосавшихся стронция-89 и кальция-45. Влияние кальция на всасывание стронция-89 было менее выражено. Изменение рН раствора от 5 до 11 оказывало на всасывание незначительное влияние [24]. Из сказанного следует, что усвоение стронция высшими позвоночными животными происходит в пищеварительном тракте.

Опыты, проведенные советскими учеными [6, 12, 13, 15] с молодью осетровых, лососевых и карповых рыб, а также рядом зарубежных ученых с другими пресноводными рыбами, свидетельствуют о способности рыб поглощать из воды растворенный стронций.

Применяя стронций-90 (иттрий-90), О. П. Данильченко [6] показала, что основным местом проникновения стронция являются жабры, однако ионы стронция могут проникать и через кожу поверхности тела. С более крупными рыбами проводили опыты японские ученые [27, 28], которые пришли к тому же выводу. Отмечался высокий уровень радиоактивности в хвостовом плавнике рыб, который, видимо, выполняет какие-то адсорбционные функции [20, 21]. Ряд ученых исследовали возможность усвоения стронция через желудочно-кишечный тракт рыб. А. И. Войнар [4] указывает, что подобно кальциевым солям растворимые соли стронция легко всасываются в тонких кишках. При введении тунцам и другим морским рыбам определенных доз стронция-89 через рот [20, 21, 22] он быстро всасывается и распределяется по различным органам и тканям. Однако опыты японских ученых [27, 28], проведенные с пресноводными рыбами, показывают, что кишечный тракт пресноводных рыб не принимает участия в потреблении стронция из воды.

Принимая во внимание, что один из способов мечения радиоактивными изотопами — выдерживание рыб в растворе определенной концентрации, мы поставили перед собой задачу выяснить ряд вопросов, связанных с изменением способности рыб усваивать растворенный в воде стронций.

В качестве подопытного материала использовали молодь чешуйчатого карпа из Ленинского рыбхоза Московской области, и мальков осетра с экспериментальной базы КаспНИРО «Правый Раздор». До опыта рыб выращивали в кристаллизаторах с ежедневной сменой воды и постоянной аэрацией. Кормили их циклопами, дафниями, олигохетами и личинками хирономид.

Все опыты проводили с водорастворимой солью стронция-89 — хлористым стронцием. Радиоактивный препарат стабильного стронция не содержал.

Выдержанных в растворе рыб тщательно отмывали проточной водопроводной водой от наружного загрязнения, взвешивали и проверяли у них «поверхностную радиоактивность», т. е. фиксировали то количество стронция-89, которое можно было зарегистрировать на поверхности тела рыбы. После этого опытных рыб помещали в сушильный шкаф и сушили в течение суток при температуре 70—75°С. Высушенных мальков растирали в ступке, порошок заклеивали в кусочек кальки и помещали под счетную трубку для регистрации общей активности, т. е. всего количества стронция-89, которое было усвоено рыбой в течение опыта. Исследования радиоактивности проводили на установке Б-3 со счетной трубкой СТС-6, заключенной для стабилизации фона в свинцовую защиту.

Во всех проведенных опытах техническую помощь оказывал техник-лаборант лаборатории В. С. Бельмаков, которому автор выражает сердечную благодарность.

ПРОНИКНОВЕНИЕ СТРОНЦИЯ ИЗ ВОДЫ В ТЕЛО РЫБ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ЕГО В ВОДЕ

При разработке методики мечения молоди рыб радиоактивными изотопами большое значение имеет выбор нужной концентрации испытуемого раствора. В работах многих авторов [2, 13, 18 и др.] показано, что количество усваиваемого рыбами из воды элемента зависит от его концентрации в воде. С повышением концентрации иона (до определенного предела, конечно) увеличивается степень проникновения его в тело рыбы.

Таблица 1

Изменение интенсивности проникновения стронция-89 из воды в тело подопытных рыб в зависимости от концентрации стронция в воде

Активность раствора, мккюри/л	Сырое вещество, мг	Поверхностная активность, имп/мин	Сухое вещество, мг	Общая активность, имп/мин	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин	Отношение общей активности к поверхностной
Молодь карпа						
50	26	27	5	46	185	1,80
100	23	68	4	106	495	1,71
150	25	99	5	152	609	1,60
200	26	203	5	287	1205	1,54
250	20	198	5	298	1855	1,56
300	19	216	5	373	1968	1,80
Молодь осетра						
50	182	68	22	133	74	1,99
100	197	206	24	367	190	1,76
150	171	237	20	402	227	1,71
200	177	370	21	556	320	1,59
250	140	252	17	486	366	1,94
300	146	762	17	1277	860	1,73

Были поставлены опыты с молодью осетра и карпа. Испытывали растворы активностью от 50 до 300 микрокюри (мккюри) стронция-89 на 1 л воды (мккюри/л). Концентрацию стронция в весовых единицах установить было нельзя, так как препарат применялся без носителя. Рыб выдерживали в течение 2 ч в радиоактивном растворе, затем тщательно отмывали и исследовали у них поверхностную и общую активность. В каждую серию опытов помещали по 5 рыб. Полученные осредненные данные опытов приведены в табл. 1.

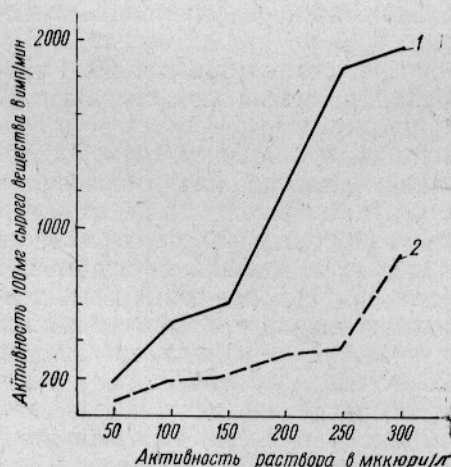


Рис. 1. Изменение относительной радиоактивности тела рыб при различной концентрации стронция-89 в воде: 1 — молодь карпа, 2 — молодь осетра.

Из табл. 1 видно, что количество проникающего в организм рыб стронция-89 зависит от его концентрации в воде. С повышением концентрации возрастает интенсивность проникновения.

Наиболее четко влияние различных растворов на степень проникновения стронция-89 в организм рыб вырисовывается при анализе данных по величине относительной

активности 100 мг сырого вещества тканей тела мальков карпа (рис. 1). При увеличении содержания стронция-89 в воде от 150 до 200 мккюри/л и больше наблюдается резкое повышение интенсивности проникновения его в организм рыбы. У мальков осетра также наблюдается повышение интенсивности проникновения с изменением концентрации, но выражено это менее ярко.

Исходя из полученных данных, для дальнейших опытов мы выбрали концентрацию стронция-89 200 мккюри/л как минимальную, но вполне достаточную для проведения более длительных наблюдений.

ПРОНИКНОВЕНИЕ СТРОНЦИЯ ИЗ ВОДЫ В ТЕЛО РЫБ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В ВОДЕ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ

По литературным данным известно, что количество проникающего из воды в организм стронция зависит от концентрации кальция в воде. Так М. М. Сауров [14] приходит к выводу, что интенсивность накопления стронция находится в обратной зависимости от концентрации в воде кальция. Японские исследователи [25], проводя опыты с морскими рыбами, установили, что чем больше в воде ионов кальция, тем слабее проникает стронций в организм рыбы. Из морской воды, содержащей большое количество различных солей, в том числе и соли кальция, стронция потребляется меньше, чем из пресной.

Мы провели опыт с мальками карпа, целью которого было установить, как изменяется интенсивность проникновения стронция-89 из воды в организм рыбы при повышении концентрации кальция в воде. К обычной водопроводной воде добавляли стронций-89 из расчета 200 мккюри/л и хлористый кальций из расчета 100 и 200 мг/л чистого кальция. Мальков выдерживали в растворах 2 ч, затем тщательно отмывали и анализировали. Были получены следующие данные:

Раствор	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин
200 мккюри/л Sr-89	541
200 мккюри/л Sr-89 + 100 мг/л Ca	447
200 мккюри/л Sr-89 + 200 мг/л Ca	275

Таким образом, подтвердились литературные данные о том, что ионы кальция оказывают влияние на величину проникновения ионов стронция из воды в организм рыбы.

ПРОНИКНОВЕНИЕ СТРОНЦИЯ-89 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖИВАНИЯ РЫБ В РАСТВОРЕ

Стронций в ионном обмене замещает в организме животных некоторую часть кальция. Чем длительнее рыба находится в среде с повышенным содержанием стронция, тем большее количество его аккумулируется в теле рыбы. Если принять, что стронций-89 может быть использован как метка для рыб, интересно установить минимальное время, в течение которого рыбы усваивают достаточное количество стронция, для дальнейшего отбора меченых рыб.

Молодь карпа и осетра помещали в раствор стронция-89 активностью 200 мккюри/л на время от 30 мин до 4 ч, после чего подвергали анализу. Данные, полученные в этих опытах, приведены в табл. 2.

Видно, что с изменением времени выдерживания рыб в растворе возрастает радиоактивность тканей тела мальков. Увеличение это не прямо пропорционально времени, но зависит от него. Подобная картина

Таблица 2

Накопление стронция-89 в теле рыб при изменении времени выдерживания их в растворе

Время выдерживания, ч	Сырое вещество, мг	Поверхностная активность, имп/мин	Сухое вещество, мг	Общая активность, имп/мин	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин	Отношение общей активности к поверхностной
Молодь карпа						
30 мин	38	28	6	45	93	1,67
1	36	51	6	82	231	1,70
2	33	72	5,5	127	373	1,78
3	31	144	5,5	201	664	1,48
4	34	191	6	256	732	1,39
Молодь осетра						
30 мин	140	53	15	74	52	1,42
1	113	51	12	79	69	1,56
2	129	91	13	159	118	1,75
3	137	124	15	240	168	1,94
4	139	156	14	315	226	2,04

наблюдалась при изучении физиологии фосфорного и кальциевого обменов, проводимом с применением радиоактивных изотопов.

Методикой массового мечения молоди осетра кальцием-45, разработанной М. П. Богоявленской, предусматривается выдерживание мальков в радиоактивном растворе в течение 2 ч. По аналогии с этим и исходя из полученных нами данных мы приняли необходимое и достаточное для выдерживания мальков карпа и осетра в растворе стронция-89 время равным 2 ч.

УСВОЕНИЕ СТРОНЦИЯ-89 ИЗ ВОДЫ РЫБАМИ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И РАЗМЕРА

Изучая закономерности проникновения стронция из воды в тело рыб, важно было установить, как зависит этот процесс от возраста и массы (веса) рыб. Были поставлены опыты с молодью карпа и осетра разной массы (веса) и возраста и находящихся на различных этапах развития [1, 3]. Мальков помещали на 2 ч в раствор стронция-89 активностью 200 мккюри/л, затем тщательно отмывали от наружного загряз-

Таблица 3

Изменение интенсивности проникновения стронция-89 из воды в тело мальков карпа в процессе онтогенеза

Этапы развития	Сырое вещество, мг	Поверхностная активность, имп/мин	Сухое вещество, мг	Общая активность, имп/мин	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин	Отношение общей активности к поверхностной	Примечание
D ₂	25	127	5	233	939	1,83	Нет чешуи
E	52	305	9	673	1302	2,2	» »
F	154	1 350	26	2 623	1704	1,95	Начало закладки чешуи
G	385	2 459	66	6 000	1574	2,42	Тело покрыто чешуей
H	780	2 881	148,7	23 400	3030	8,12	То же
	3828	15 950	776,1	80 352	2064	5,03	» »

нения и брали на анализ. Изучали поверхностную, общую и относительную активность 100 мг сырого вещества тела. В каждом варианте опытов использовали по 5 рыб. Осредненные данные опытов приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 4

Изменение интенсивности проникновения стронция-89 из воды в тело мальков осетра в процессе онтогенеза

Этапы развития	Сырое вещество, мг	Поверхностная активность, имп/мин	Сухое вещество, мг	Общая активность, имп/мин	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин	Отношение общей активности к поверхностной
V	129	91	13	159	118	1,75
VI	177	370	21	556	320	1,59
VII	255	413	29	774	306	1,90
VIII	495	2 000	65	3 809	753	1,87
VIII	995	3 185	126	6 126	619	1,93
IX	6580	24 271	873,1	42 050	640	1,73

Было установлено, что с ростом рыб по мере их развития возрастает и интенсивность проникновения стронция из воды в тело мальков. С одной стороны, это может быть связано с увеличением поверхности тела, но, с другой стороны, это увеличение определяется и степенью развития костных элементов в теле рыб. Особенно наглядно это выражено в увеличении относительной активности 100 мг сырого вещества, которое наблюдается и у карпов (см. табл. 3) и у осетров (см. табл. 4) лишь до того времени, пока происходит формирование организма — у осетров до VIII этапа развития, у карпов до этапа Н. После этого, несмотря на увеличение размеров тела, повышения относительной активности не происходит, наблюдается лишь увеличение поверхностной и общей активности тела мальков.

Общее количество проникающего в тело мальков радиоактивного стронция сравнительно велико. У осетров, если судить по уровню поверхностной активности, оно в 2 раза больше, чем количество усвоенного радиоактивного кальция. Так, по данным М. П. Богдавленской [2], у молоди осетра весом (массой) 150—200 мг при массовом мечении кальцием на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбозаводе весной 1960 г. поверхностная активность одного малька через сутки после мечения в среднем составляла 180 имп/мин. При выдерживании мальков осетра такого же размера в растворе стронция-89 их поверхностная активность была примерно 400 имп/мин (см. табл. 4). Эти данные согласуются с данными Е. А. Тимофеевой-Ресовской [16] по коэффициентам накопления стронция-90 и кальция-45 у рыб, из которых следует, что коэффициент накопления кальция-45 у них 35, а стронция-90 — 185.

Сравнение величин, характеризующих интенсивность проникновения стронция-89 из воды в тело молоди карпа и осетра, показывает, что карпы — представители группы костистых рыб с хорошо развитым костным скелетом и телом, покрытым чешуей, отличаются от осетров — представителей хрящевых ганоидов с осевым скелетом из хряща и с костной тканью, образующей только жучки и покровные кости черепа, значительно более высокой интенсивностью восприятия стронция. На рис. 2 приведены данные по величине относительной активности 100 мг сырого вещества тела у мальков карпа и осетра разного возраста и размера.

Видно, что при одинаковом весе (массе) тела мальков стронция-89 в тканях карпа больше, чем в тканях осетра. Об этом можно судить не только по уровню относительной или общей активности, но и по величине, характеризующей отношение общей активности к поверхностной (см. табл. 3 и 4). На первых стадиях развития мальков карпа (этапы D, E, F) отношение общей активности к поверхностной выражается величиной, близкой к 2. Это говорит о том, что регистрируется половина радиоактивного вещества, имеющегося в теле рыбки, другая половина не может быть зарегистрирована из-за того, что препарат —

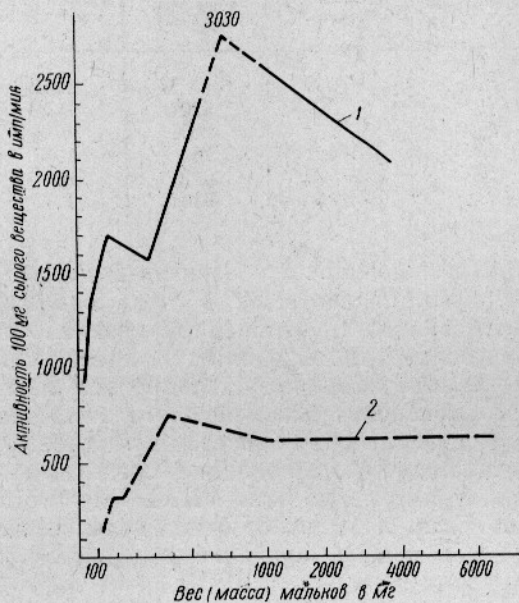


Рис. 2. Изменение относительной радиоактивности тела рыб в процессе онтогенеза. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

У мальков осетра на всех исследованных стадиях развития от V до IX этапа (табл. 4) отношение общей активности к поверхностной близко к 2. У них при исследовании все время регистрируется половина имеющегося в теле стронция-89, так как он откладывается в основном в жучках и покровных костях.

Анализ данных по величине общей активности и у осетров и у карпов показывает, что рыбы воспринимают из воды очень большое количество стронция-89, что может служить предпосылкой для возможного применения его при массовом мечении рыб.

ВЫДЕЛЕНИЕ СТРОНЦИЯ, УСВОЕННОГО РЫБАМИ ИЗ ВОДЫ

При изучении у рыб обмена какого-либо элемента с точки зрения выяснения возможности использования его в качестве метки очень важно решить вопрос о длительности задерживания этого элемента в организме, или о его «биологической жизни». А. И. Войнар [4] указывает, что выделение стронция из костей млекопитающих в обычных условиях завершается за несколько месяцев, т. е. происходит значительно быстрее, чем выведение других радиоактивных элементов, избирательно накапливающихся в костях. Сравнивая скорости выведения

тело исследуемого малька — поглощает часть излучений. Это происходит потому, что при проверке под счетчиком рыбку кладут на бок и трубкой регистрируют лишь те излучения, которые идут от одной половины тела. На более поздних стадиях развития молоди карпа (этапы G, H) отношение общей активности к поверхностной выражается уже величинами 5 и 8, что свидетельствует о том, что с поверхности тела регистрируется гораздо меньшее количество излучений, чем половина имеющегося во всем теле. Большая часть стронция-89 у крупных мальков накапливается в осевом скелете, излучения от него поглощаются мышцами тела, а на трубку попадают лишь те, которые идут от чешуи, покрывающей один бок рыбки, и от костей черепа одной стороны головы.

кальция-45 и стронция-90 из организма рыб, Н. П. Рудаков [13] приходит к выводу, что из-за более медленного проникновения стронция в стабильную фракцию кости он более слабо задерживается в теле рыбы, чем кальций. Однако после перехода, в результате перекристаллизации, в стабильную фракцию костной ткани выведение радиоактивного стронция из организма становится очень медленным.

О быстром выведении основной массы стронция из организма говорит Г. С. Карзинкин [10].

Для уточнения этого вопроса мы поставили опыты, целью которых было изучить скорость выделения рыбами стронция-89, усвоенного из раствора. Мальков карпа средним весом (массой) 680 мг выдерживали 2 ч в растворе стронция-89 активностью 200 мккюри/л. По истечении некоторого времени рыб тщательно отмыли проточной водопроводной водой и посадили в радиоактивно чистый аквариум. Через определенное время брали по пять мальков на исследование поверхностной, общей и относительной радиоактивности. Осредненные данные опыта приведены в табл. 5.

Таблица 5

Выделение стронция-89 мальками карпа после выдерживания их в радиоактивном растворе

Количество дней после начала опыта	Сырое вещество, мг	Поверхностная активность, имп/мин	Сухое вещество, мг	Общая активность, имп/мин*	Активность 100 мг сырого вещества, имп/мин	Отношение общей активности к поверхностной
—	681	1510	118	3567	541	2,36
2	762	1681	157,3	4203	553	2,50
5	950	2110	192,4	4725	504	2,24
15	1232	1460	238	4748	371	3,25
30	1716	888	356	3823	211	4,31

* Данные приведены с введением поправки на распад.

Если принять, что в опыте были взяты мальки одного возраста и примерно одного размера, то можно предположить, что они при выдерживании их в растворе усвоили одинаковое количество стронция-89. В таком случае о выделении можно судить по изменению величины общей активности, или общего количества стронция-89, усвоенного мальками из раствора.

Из табл. 5 видно, что спустя 15—30 дней после начала опыта наблюдается снижение общей активности, которое происходит за счет выделения стронция-89 (физический распад здесь учтен, данные приведены с введением поправки). Следовательно, в первые дни того быстрого выведения основной массы стронция, о котором говорил Г. С. Карзинкин [10], не наблюдается — выделение стронция начинается только через 15 дней после усвоения и происходит очень медленно, что подтверждается данными, приведенными в табл. 6.

УСВОЕНИЕ МОЛОДЬЮ ОСЕТРА СТРОНЦИЯ-89 ИЗ ОЛИГОХЕТ

Как известно [18], существует несколько способов мечения молоди рыб радиоактивными изотопами. Один из них — введение в мальков метки через корм, выращенный на радиоактивном субстрате. Этот способ применим при мечении молоди осетра, выращиваемой на рыбоводных заводах с использованием живых кормов, в частности олигохет. Через радиоактивных олигохет метили молодь осетра фосфором-32

на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбноводном заводе и на Аксайском осетровом заводе на Дону. Мы поставили задачу — изучить возможность мечения молоди осетра через олигохет стронцием-89.

В олигохет радиоактивный элемент можно ввести двумя путями: выращивая их на радиоактивном субстрате (гидролизатных дрожжах, мучных сметках или хлебе) и поливая чистых, отобранных из земли червей раствором радиоактивной соли [19]. По данным О. П. Данильченко [5], олигохеты не усваивают стронций из корма, поэтому использовать этот способ для мечения нельзя. Был поставлен опыт для выяснения способности олигохет усваивать стронций-89 из раствора. Чистых, отобранных из земли, обсушенных олигохет поместили в чашку Коха и полили раствором стронция-89. На 2 г олигохет было взято 0,2 мл раствора активностью 200 мккюри/мл, т. е. на каждый грамм олигохет было взято по 20 мккюри стронция-89. В течение 20 мин олигохет несколько раз помешивали стеклянной палочкой для равномерного распределения раствора. Через 20 мин их тщательно отмыли в проточной водопроводной воде и часть взяли на исследование радиоактивности. Навеску олигохет для радиометрического анализа поместили на кусочек кальки и заклеили, чтобы они не расползлись и не загрязнили счетную трубку и свинцовый домик.

Навеска, мг	Активность, имп/мин	Активность 100 мг, имп/мин
64	16 097	25 100
30	7 854	26 100
52	12 706	24 800

Всего было исследовано 146 мг олигохет активностью 36 657 имп/мин. Активность 100 мг в среднем составляла около 25 100 имп/мин. Следовательно, олигохеты очень быстро усваивают стронций-89 из раствора,

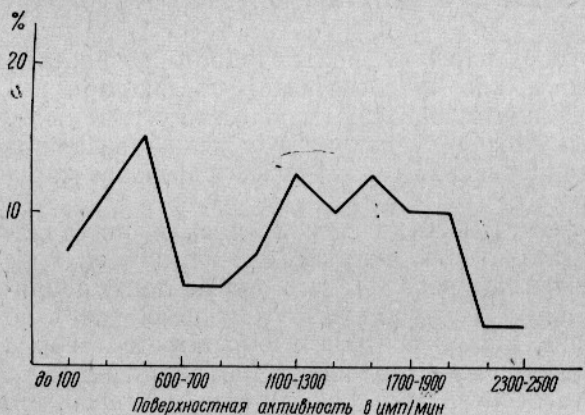


Рис. 3. Поверхностная активность мальков осетра после однократного кормления их олигохетами, меченными стронцием-89.

которым они полты, и, следовательно, могут быть использованы для кормления мальков осетра.

Мальков осетра средним весом (массой) около 1 г (VIII этап развития) накормили мечеными олигохетами. 40 малькам было дано 2 г олигохет, которых они съели через 20 мин после дачи корма. Таким образом, 1 малек съел в среднем 50 мг меченых олигохет.

Через двое суток после дачи меченого корма произвели проверку по-

верхностной активности мальков осетра. Общую активность исследовать не стали, так как необходимо было оставить рыб живыми. Рыб вынимали из воды, слегка обсушивали фильтровальной бумагой и заворачивали в кусочек кальки, чтобы под счетной трубкой лежала спокойно и на трубку не попала влага. Малька под счетной трубкой клали на бок, и радиоактивные излучения регистрировали с половины

поверхности его тела. Было обнаружено, что большинство мальков усвоили значительное количество стронция-89 (рис. 3) и лишь три малька (7,5% от всех исследованных) имели активность менее 100 *имп/мин*. В среднем поверхностная активность мальков через двое суток после однократного кормления меченым кормом составляла 1203 *имп/мин*. Этот опыт свидетельствует о том, что стронций усваивается рыбами не только из воды, но и из кормов. Следовательно, стронций-89 при мечении можно вводить в молодь осетра через олигохет, что значительно упрощает процесс мечения и повышает коэффициент использования радиоактивного препарата.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ РЫБ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ (ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СОХРАНЕНИЯ МЕТКИ)

Последнее, что необходимо было выяснить при решении вопроса о пригодности стронция-89 для мечения, — как долго задерживается стронций-89 в теле рыб, в течение какого времени возможна его регистрация. Регистрацию радиоактивности производили на установке Б-3 счетной трубкой СБТ-7 в свинцовой защите. Рыб при проверке обсушивали фильтровальной бумагой, завертывали в кусочек кальки, чтобы они лежали спокойно, и помещали под счетную трубку. Регистрировали половину поверхностной активности, так как при проверке рыба под трубкой лежала на боку.

В опыт взяли мальков карпа и осетра. Мальков карпа средним весом (массой) 237 *мг* выдержали в течение 2 ч в растворе стронция-89 активностью

200 *мккюри/л*. Затем их тщательно обмыли и поместили в аквариальную банку с чистой водой. Через сутки проверили их поверхностную активность. Средняя величина поверхностной активности одного малька составляла 1530 *имп/мин* при минимальной 514 *имп/мин* и максимальной 3069 *имп/мин*. Для выращивания мальков карпа перенесли в проточный аквариум, где содержали их при температуре воды 18—20°C. Кормом им служили личинки хирономид. У мальков регулярно исследовали поверхностную активность и рост веса (массы). Данные за четыре месяца приведены в табл. 6.

В табл. 6 приведены величины фактически зарегистрированной поверхностной активности и с внесением поправки на распад. Первые говорят о наличии стронция-89 в теле рыб в момент исследования, вторые — о том, сколько было бы стронция-89, если бы не происходил распад радиоактивного вещества. По изменению данных, приведенных с учетом поправки на распад, косвенно можно судить об интенсивности процесса выделения стронция-89. Видно (см. табл. 6), что в первые два месяца после мечения наблюдается регулярный спад поверхностной активности: с 1530 до 804 *имп/мин*. Мы попытались объяснить это тем, что происходит выделение стронция-89 из организма рыбы. Однако в последующие два месяца уровень поверхностной активности тела карпа

Таблица 6
Изменение поверхностной активности у молоди карпа после мечения

Количество дней после мечения	Активность, <i>имп/мин</i>		Вес (масса) опытных рыб, <i>мг</i>
	зарегистрированная	с поправкой на распад	
1	1530	1530	237
15	1171	1440	625
30	682	1030	2 460
62	345	804	3 320
92	242	861	4 800
123	192	1050	8 600
154	155	1279	14 400
185	128	1600	—

вновь возрастает, что может происходить только за счет перераспределения стронция-89 из осевого скелета рыбы в чешую и кости черепа.

Анализ величины зарегистрированной поверхностной активности показывает, что через шесть месяцев после мечения еще возможно отличить меченую рыбу от немеченой.

Мальков осетра средним весом (массой) 1 г накормили мечеными олигохетами, 100 мг которых имели активность 25 100 *имп/мин*. На

Таблица 7

Изменение поверхностной активности у молоди осетра после мечения

Количество дней после мечения	Активность, <i>имп/мин</i>		Вес (масса) опытных рыб, г
	зарегистрированная	с поправкой на распад	
2	1297	1297	1,0
15	1155	1420	1,6
30	874	1320	2,8
62	513	1195	5,36
93	374	1330	7,90
123	269	1471	17,25
154	130	1072	—
184	107	1337	36,0
215	60	990	53,0

одного малька осетра пришлось в среднем по 50 мг олигохет. Всего было помечено 40 мальков. После мечения осетров выращивали в проточном аквариуме при температуре воды 18—20°С. Кормили их личинками хириноид. Наличие метки проверяли сначала 1 раз в две недели, затем регулярно 1 раз в месяц. Исходный уровень поверхностной радиоактивности в среднем составлял 1297 *имп/мин*. За семь месяцев наблюдений величина поверхностной активности (с учетом поправ-

ки на распад) изменилась весьма незначительно (табл. 7).

Изменение уровня поверхностной радиоактивности происходило в основном за счет распада стронция-89 и лишь в незначительной степени за счет выделения его из организма рыбы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что стронций-89 может быть использован для мечения молоди карповых и осетровых рыб. Он в достаточно больших количествах усваивается из воды, причем этот процесс зависит от возраста и размера мальков, концентрации изотопа в воде и времени выдерживания рыб в растворе. Кроме того, он может быть применим и при мечении мальков путем скармливания им живого «меченого» корма. Олигохеты быстро усваивают стронций-89 из раствора, которым они политы. Метка стронцием-89 сохраняется более длительное время, чем фосфором-32, и легче регистрируется, чем метка кальцием-45.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алявдина Л. А. К биологии и систематике осетровых рыб на ранних стадиях развития. Труды Саратовского отделения КаспНИРО. Т. 1, 1951.
2. Богоявленская М. П. Изучение кальциевого обмена с целью использования Са⁴⁵ в качестве метки для рыб. Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
3. Васнецов В. В. Этапы развития костистых рыб. Очерки по общим вопросам ихтиологии. Изд-во АН СССР, 1953.
4. Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. Изд-во «Высшая школа», 1960.
5. Данильченко О. П. Мечение олигохет (*Enchytraeus*) радиоактивным стронцием. «Рыбное хозяйство», 1957, № 6.
6. Данильченко О. П. Проникновение радиоактивного стронция-90 из воды в организм рыбы. «Рыбное хозяйство», 1958, № 2.

7. Изотопы, источники излучения и радиоактивные материалы. (Каталог). М., Атомиздат, 1959.
8. Карзинкин Г. С. Шире внедрять методику радиоактивных изотопов в рыбохозяйственную науку и практику. «Рыбное хозяйство», 1955. № 11.
9. Карзинкин Г. С., Солдатова Е. В., Шеханова И. А. Некоторые итоги массового мечения радиоактивным фосфором молоди осетровых на Куринском производственно-экспериментальном заводе. Труды ВНИРО. Т. 44, 1961.
10. Карзинкин Г. С. Использование радиоактивных изотопов в рыбном хозяйстве. Пищепромиздат, 1962.
11. Карзинкин Г. С., Солдатова Е. В., Шеханова И. А. Некоторые результаты массового мечения радиоактивным фосфором «нестандартной» молоди осетра. Сб. «Миграции животных». Вып. 1. Изд-во АН СССР, 1959.
12. Марей А. Н. Водные организмы как санитарный показатель загрязнения водоемов радиоактивными веществами. «Гигиена и санитария», 1955, № 8.
13. Рудаков Н. П. Особенности поведения в организме рыб Ca^{45} , Sr^{90} , Ce^{144} , Cs^{137} и методы радиомаркировки молоди рыб. Известия ГосНИОРХ. Т. 51, 1961.
14. Сауров М. М. О радиоактивной загрязненности рыб при обитании в воде, содержащей стронций. Труды Всесоюзной конференции по медицинской радиологии (вопросы гигиены и дозиметрии). Медгиз, 1957.
15. Телитченко М. М. Накопление радиоактивных изотопов стронция (89—90) — иттрия (90) зеркальными карпами. «Рыбное хозяйство», 1961, № 5.
16. Тимофеева-Ресовская Е. А. Распределение радионуклидов по основным компонентам пресноводных водоемов. Труды института биологии Уральского филиала АН СССР. Вып. 30, 1963.
17. Шеханова И. А. Применение P^{32} для мечения молоди осетровых рыб. «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
18. Шеханова И. А. Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора. Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
19. Шеханова И. А. Усовершенствование методики мечения молоди осетра радиоактивным фосфором. «Рыбное хозяйство», 1963, № 5.
20. Boroughs H., Townsley S., Hiatt R. Method for predicting amount of strontium-89 in marine fishes by external monitoring. Science. Vol. 124, No 3230, 1956a.
21. Boroughs H., Townsley S., Hiatt R. The metabolism of radionuclides by marine organisms. I. The uptake accumulation and loss of strontium-89 by fishes. Biol. Bulletin Marine Biolog. Laboratory. Vol. 111, No 3, 1956b.
22. Boroughs H., Chapman W., Rice T. Laboratory experiments on the uptake accumulation and loss of radionuclides by marine organisms. The Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries. Nat. Acad. of Sciences Washington Publ. No 551, 1957.
23. Krumhols L. A., Foster R. F. Accumulation and retention of radioactivity from fission products and other radiomaterials by fresh-water organisms. The Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries. Nat. Acad. of Sciences Washington Publ. No 557, 1957.
24. Mraz Frank R. Intestinal absorption of Ca-45 and Sr-85 as affected by the alkaline earths and pH. Proc/Soc., Exptl. Biol. and Med. 1962; Vol. 110; N 2.
25. Suychiro Y., Ioshinoh S., Tsukamoto I. Transmission and metabolism of strontium-90 in aquatic animals. Research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions. II, Tokio, 1956.
26. Tomijama T., Kobajashi K., Ichio S. Absorption of Sr-90 (Y-90) by carp. Research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions. II. Tokio, 1956.
27. Tomijama T., Kobajashi K., Ichio S. Absorption of dissolved Ca-45 by marine fishes. Research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions. II. Tokio 1956a.
28. Tomijama T., Kobajashi K., Ichio S. Distribution and excretion of intramuscularly administered Sr-90 (Y-90) in carp. Research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions. II, Tokio, 1956.