

УДК 639.2.053.32 : 639.212] : 621.039.8 : 658.382.3

**ВОПРОСЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МАССОВОМ
МЕЧЕНИИ МОЛОДИ ОСЕТРА РАДИОАКТИВНЫМ КАЛЬЦИЕМ**

М. П. БОГОЯВЛЕНСКАЯ

ВВЕДЕНИЕ

При массовом мечении рыб радиоактивным кальцием через воду возникают вопросы, связанные с техникой безопасности этого процесса. Перед нами стояла задача найти способы:

- 1) защиты бассейнов, в которых проводилось массовое мечение Са-45, от радиоактивного загрязнения;
- 2) очистки радиоактивной воды, используемой при мечении и спускаемой после мечения из бассейнов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКОВ, ПЛАСТИКАТОВ И ПЛЕНОК

В качестве защиты бассейнов от радиоактивного загрязнения можно использовать различные лаки или покрытия в виде пластикатов и пленок. В лабораторных условиях были проведены опыты по испытанию лаков, приготовленных из органического стекла и кинопленки на ацетоне, в качестве покрытия. Кирпичи, покрытые этими лаками и непокрытые, размерами $20 \times 20 \times 5$ и $10 \times 10 \times 5$ см погружали в радиоактивный раствор кальция активностью 300 мккюри/л. Через 2 ч их вынимали, тщательно промывали в проточной воде и проверяли на наличие радиоактивности лучом «А» и счетной трубкой СБТ-7, подключенной к установке Б-2. Проверка радиометрами показала, что кирпичи, покрытые лаками, меньше загрязнялись радиоактивным раствором, чем непокрытые, и легче отмывались от загрязнения. После отмывания кирпичей, покрытых лаками, струей воды радиоактивность их составляла от 50 до 170%. Кирпич, не покрытый лаком, был сильно загрязнен и его радиоактивность после отмывания над фоном составляла 1098%. Было установлено, что кирпичи с негладкой шершавой поверхностью быстро набирали радиоактивный раствор кальция, который со временем распределялся по всему кирпичу. Разумеется, что бетонные бассейны, плохо зажелезненные и без покрытий, не могут быть использованы для мечения, так как радиоактивный раствор будет накапливаться в стенках бассейнов. Таким образом, встает вопрос о покрытии поверхности бассейнов лаками или о каких-либо других защитных покрытиях. Перед покраской бассейнов вначале их следует загрунтовать (одним-двумя слоями), затем зашпаклевать (двумя слоями) и только после этой обработки можно покрасить бассейн эмалью в три-четыре слоя (грунт ХС-10, шпаклевка ТЖ-ВШ-23). Как видно, предварительная обработка бассейнов перед покрытием их лаками очень трудоемка.

Наряду с этим важно отметить, что любая краска со временем адсорбирует радиоактивные изотопы и при длительном использовании бассейнов для мечения последние будут аккумулировать радиоактивность. Исходя из этих соображений, мы при изучении покрытий бассейнов пошли по второму пути, а именно: по пути поиска для этих целей различных пленок.

Вначале был испытан специальный пластикат (рецептура 57-40), отличающийся хорошей отмываемостью от радиоактивности. Из него был сделан сосуд в виде аквариума, в который по очереди помещали годовиков карпа и молодь осетра. Параллельно с этим контрольных рыб содержали в обычных кристаллизаторах. Проведенные опыты показали, что молодь осетра уже через 2 ч в аквариуме из специального пластиката чувствовала себя очень плохо, плавала поверху и была ослаблена. Молодь, пересаженная через 2 ч в обычный кристаллизатор со свежей водой, часто погибала. Несколько дольше «держались» в аквариуме из пластиката годовики карпа, гибель которых была зарегистрирована через 19 ч 30 мин. Эти опыты показали, что пластикат не пригоден для покрытия рыбоводных бассейнов из-за своих токсических свойств, обусловленных технологией его изготовления. Как указано в литературе [3], этот пластикат изготавливается из поливинилхлорида, пластификатора, стабилизатора, смазочных веществ и красителей.

Был испытан также поливинилхлоридный пластикат Р-80 или Р-80/277 — материал, обычно предназначенный для изготовления полукомбинезонов, полухалатов, нарукавников и т. д. Внешне он представляет собой довольно прочную, эластичную и хорошо отмываемую пленку. За эти качества он и привлек наше внимание. Однако и в этом пластикате молодь осетра уже через 2 ч чувствовала себя плохо и вскоре погибала. Следовательно, и он не может быть использован в качестве покрытия из-за своих токсических свойств.

Полиэтиленовые пленки, в которых рыбы чувствовали себя прекрасно, не подходили для наших целей из-за малой прочности. Наиболее приемлемой для покрытия круглых рыбоводных бассейнов оказалась полиамидная пленка ПК-4, которая обладает большой прочностью, прекрасно отмывается от радиоактивного загрязнения и обладает хорошими биологическими свойствами. Молодь осетра находилась в полиамидной пленке в течение суток и чувствовала себя нормально. Для покрытия бассейна полиамидная пленка должна быть спаена или склеена в несколько полотнищ, так как ширины каждого полотнища недостаточно для того, чтобы покрыть бассейн. В результате получается «чехол», которым покрывают бассейн. В центре бассейна, где имеется центральный сток, следует сделать металлическое или пластмассовое кольцо, очень плотно подходящее к сливной трубе бассейна, и второе металлическое или пластмассовое кольцо, вставленное в первое. Между этими кольцами должна зажиматься полиамидная пленка. При закреплении пленки в месте центрального стока необходимо следить, чтобы радиоактивный раствор из сливной трубы не попадал между пленкой и бассейном.

Полиамидную пленку можно спаивать на газовой горелке, но при этом нужно следить за тем, чтобы:

а) пленка была очень плотно зажата между металлическими пластинками, как можно более длинными. Если они короткие, приходится постепенно склеивать отдельные куски пленки, передвигая несколько раз линейки, что очень неудобно, так как в местах передвижек на стыке могут образоваться щели;

б) шов должен быть как можно более тонким. Толстый шов быстро ломается и на его месте образуется щель. Очень хорошо склеивает полиамидную пленку клей 88. Перед склеиванием следует обезжирить края пленки, протерев их эфиром.

Обезжиренные края намазывают клеем 88, который должен слегка подсохнуть. Затем края пленки плотно соединяют и сильно прокатывают «валиком», используемым в фотографии. При этом нужно следить за тем, чтобы на шве не получались складки, которые ухудшают склеивание и способствуют образованию щелей. Поэтому перед склеиванием пленку необходимо разгладить, натянуть во избежание образования складок.

Важно отметить, что для покрытия бассейна можно использовать только что склеенный чехол. Как показал опыт, в мешок, склеенный из полиамидной пленки, сразу же была налита вода, которая находилась в нем в течение 25 суток. Никакого разбухания клея при этом не наблюдалось. Можно склеивать полиамидную пленку клеем ПУ-1, но мы его не испытывали.

ОЧИСТКА РАДИОАКТИВНОГО РАСТВОРА, ИСПОЛЬЗОВАННОГО ПРИ МАССОВОМ МЕЧЕНИИ И СПУСКАЕМОГО ИЗ БАССЕЙНА

После того как вся рыба пересажена из бассейна с радиоактивным раствором в смежный бассейн с протоком для отмывки, следует спустить использованный радиоактивный раствор. При этом радиоактивный раствор довольно большой концентрации должен быть спущен в общую спускную канаву завода. Хотя разбавление этого раствора может быть и значительным при работе всех бассейнов завода, все-таки при больших масштабах мечения необходимо очищать эту воду перед сбросом в канаву.

Для очистки спускаемой радиоактивной воды мы использовали катионит КУ-1. Эта ионообменная смола извлекает из воды все катионы, в том числе и Са-45. На этом принципе и основано очищение воды от радиоактивного кальция. Начиная работать с катионитом КУ-1, мы должны были выяснить:

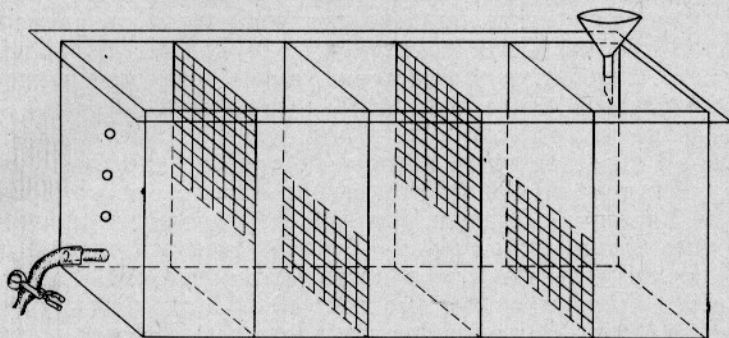
- 1) количество катионита, необходимое для очистки воды;
- 2) способ очистки используемой при мечении радиоактивной воды.

Различное количество катионита (5; 10; 15 г) помещали в колбу с определенным объемом радиоактивного раствора Са-45 (200 см³) активностью 60 мккюри (300 мккюри/л). В течение 30 мин катионит, находящийся в колбе, помешивали стеклянной палочкой. По окончании опыта (через 30 мин) раствор, в котором находился катионит, взяли для анализа на радиоактивность. Для этого механической пипеткой брали 0,1 см³ раствора, помещали на предметное стекло и затем подсушивали в термостате. Полученный таким образом препарат просчитывали на установке Б-2 счетной трубкой БФЛ-25. Подобные опыты повторяли несколько раз. Было установлено, что после нахождения катионита в 200 см³ раствора остаточная радиоактивность была (в %):

при 5 г катионита	20—30
при 10 г катионита	9
при 15 г катионита	1—2

Кроме того, необходимо было выяснить, влияет ли на степень поглощения Са-45 перемешивание катионита и каким образом. В две колбы с одинаковым объемом радиоактивного раствора (200 см³)

активностью по 60 мккюри в каждой помещали по 15 г катионита. В одной колбе катионит постоянно помешивали стеклянной палочкой в течение 30 мин. В другой колбе катионит перемешали только 3 раза: в начале опыта, в середине и в конце. Как показал анализ растворов, в первой колбе, где катионит перемешивали постоянно, остаточная радиоактивность составила 0,64%, во второй колбе — 33%. Таким образом, на степень поглощения Са-45 катионитом влияет перемешивание его в растворе, что, по-видимому, обуславливается увеличением поверхности соприкосновения раствора с катионитом. Наряду с этим выяснилось влияние на степень поглощения Са-45 времени нахождения катионита в радиоактивном растворе. Этот опыт проводили следующим



Аппарат для очистки воды от радиоактивного кальция (размер $70 \times 30 \times 30$ см).

образом: взяли четыре колбы с 200 см^3 радиоактивного раствора активностью 60 мккюри в каждой и насыпали в них по 15 г катионита. В первой колбе катионит при постоянном помешивании находился 1 мин, остаточная радиоактивность составила здесь 31,5%; во второй — 5 мин, остаточная радиоактивность составила 7,9%; в третьей — 10 мин, остаточная радиоактивность составила 5,3%. Таким образом, была отмечена прямая зависимость степени поглощения Са-45 от времени нахождения катионита в растворе. Следует указать, что катионит лучше брать уже промытым, так как при этом он очищается от «пыли», которая в конечном итоге может повысить радиоактивность очищаемой воды.

Кроме того, перед нами стояла задача — найти способ очистки радиоактивной воды в производственных масштабах и разработать конструкцию прибора для очистки этой воды.

Вначале мы предложили загружать катионит в трубу и через нее пропускать использованный радиоактивный раствор. В лабораторных условиях было установлено, что чем уже трубка, тем выше столб катионита и тем полнее поглощается радиоактивный кальций.

Однако в производственных условиях применять трубу с засыпанным в нее катионитом неудобно, так как током раствора катионит будет сбиваться в один конец и вряд ли при этом эффективно использоваться.

Исходя из этих соображений мы остановились на другой конструкции прибора, с нашей точки зрения, наиболее удобной. Прибор представляет собой ящикек, который можно делать или из толстого органического стекла, или даже из оцинкованного железа (см. рисунок).

Для производственных масштабов можно рекомендовать ящик размером $70 \times 30 \times 30$ см, разделенный перегородками на пять или шесть отсеков, причем в перегородках одна половина должна быть затянута частой сеткой. Перегородки располагают таким образом, чтобы сетчатые половины их чередовались: у одной перегородки — сетчатая половина внизу, у другой — сверху и т. д. Таким образом, вода, проходящая через этот «прибор», наиболее полно соприкасается с катионитом, загруженным в отсеках. Прибор лучше сделать закрытым, чтобы меньше было контакта у человека с радиоактивным раствором и катионитом и меньше возможности высыпания катионита. В отсек, в который будут сливать радиоактивный раствор из бассейна, следует вставить воронку, чтобы уменьшить разбрызгивание раствора радиоактивного кальция. При конструировании этого прибора следует учитывать размер и диаметр сливной трубки. Диаметр этой трубки должен быть таким же, как и диаметр сливной трубы бассейна, иначе возможен подпор, и радиоактивный раствор будет подниматься обратно в бассейн.

Можно пойти и по другому пути, что менее удобно, а именно: сделать крышку в виде заслонки, которой постепенно закрывать отверстие сливной трубы и таким образом регулировать сброс радиоактивного раствора из бассейна. Пропускание 250 л радиоактивной воды через прибор занимает примерно 2 ч — 2 ч 30 мин. Следует подчеркнуть очень большую поглотительную способность катионита. В лабораторных условиях через катионит весом (массой) 15 г 10 раз был пропущен радиоактивный раствор (объем радиоактивного раствора в каждом случае 200 см³ активностью) 60 мккюри. Поглощение было полным. В 11-й раз через катионит пропустили радиоактивный раствор активностью 400 мккюри. Остаточная радиоактивность в этом случае составила 1,3%, т. е. практически поглощение было также полным. Предел поглощения мы не установили.

Таким образом, взятое количество катионита может быть неоднократно использовано для очистки воды. Полностью отработанный катионит может быть снова использован для тех же целей, если промыть его несколько раз $1/10 N$ соляной кислотой.

В этом случае радиоактивный кальций переходит в раствор, образуя CaCl_2 , а ионообменная смола КУ-1 снова приобретает прежнюю способность поглощать новые концентрации Са-45. Это очень удобное свойство катионита. }

Таким образом, использованный катионит можно или сразу «захранивать» или же промывать соляной кислотой и в этом случае «захранивать» $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$.

Все рекомендации были опробованы в заводских условиях на бассейнах ВНИРО Куринского производственно-экспериментального завода.

ВЫВОДЫ

1. Полиамидная пленка ПК-4 может быть использована в качестве покрытия бассейна типа ВНИРО для защиты его от радиоактивного загрязнения во время массового мечения молоди осетра радиоактивным кальцием.

2. Для очистки воды, использованной при массовом мечении и спускаемой из бассейна, от Са-45 может быть применен катионит КУ-1 в количестве 50—75 г на 1 л радиоактивной воды активностью 300 микрокюри.

3. Для лучшего очищения радиоактивной воды в производственных масштабах может быть использован прибор, созданный в лаборатории, который позволяет осуществлять более полное соприкосновение радиоактивной воды с катионитом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленская М. П., Карзинкин Г. С. Некоторые данные по изучению кальциевого обмена при помощи радиоактивного кальция. Труды совещания по физиологии рыб, 1956 г. Изд-во АН СССР, 1958.
2. Богоявленская М. П. Изучение кальциевого обмена с целью использования Са-45 в качестве метки для рыб. Пищепромиздат, 1959.
3. Лоханин Г. Н., Сеницын В. И., Штань А. С. Защитное оборудование и приспособления для работы с радиоактивными веществами. Госатомиздат, 1961.