

# ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ НА ХОД РАННЕГО РАЗВИТИЯ И СМЕРТНОСТЬ ИКРЫ И ПРЕДЛИЧИНОК РЕЧНОГО ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS*



Якубова К.С.\*<sup>1</sup>, Михеев П.Б.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, кафедра зоологии позвоночных и экологии, Пермь, <sup>2</sup>Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Хабаровск.

\*karina.yakubova.01@list.ru

## Введение

На территории Пермского края находится Верхнекамское месторождение калийно-магниевого солей, которое является одним из крупнейших в мире. Его разработка ведется уже десятки лет, что оказывает существенное влияние на окружающую среду (рис. 1).

Наиболее ярко негативное влияние данной деятельности проявляется в засолении подземных и поверхностных вод. Существенные преобразования водных сообществ отмечены в первую очередь для малых водотоков. В отношении ихтиофауны они выражаются в полном исчезновении рыб на участках с интенсивным засолением.

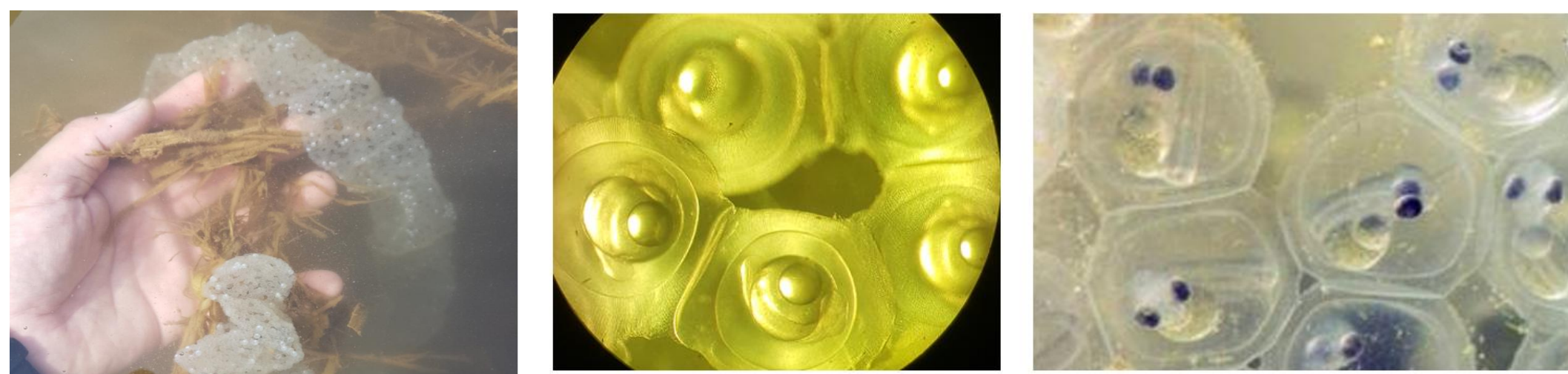


Рис. 1. Внешний вид солеотвалов близ г. Солкамска и влияние соледобычи

на пойменную растительность малой реки. Однако, многолетние наблюдения показали, что весной в низовьях малых рек подверженных засолению присутствуют и могут нереститься отдельные виды рыб. Кроме того граница распространения соленых вод способна существенно меняться в связи с изменением подпора пресных вод. Целью данного исследования является экспериментальная оценка влияния повышенной солености на икру и предличинок пресноводных рыб. В качестве модельного объекта использован речной окунь *Perca fluviatilis*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материала для эксперимента была выбрана икра окуня на 5 стадии (органогенез) и 8 стадии (перед выклевом) развития. Икру собирали на мелководьях Мотовилихинского пруда (рис. 2).



Эмбрионы на 5 стадии органогенеза Эмбрионы перед выклевом

Рис. 2. Икра окуня использованная в эксперименте

После доставки икры в лабораторию и акклиматизации в течение 12 часов, её помещали в чашки Петри по 20-30 шт. в условия различной минерализации двух типов солей: хлорид натрия и вещество солеотвалов. Концентрация солей составила 0,15 г/л 4 г/л 8 г/л 12 г/л 16 г/л 20 г/л 24 г/л. Эксперимент проводили в трех повторностях. Минерализация измерялась анализатором Aquameter с блоком датчиков Aquarprobe AP-7000. Эксперимент длился в течение 15 суток для икры на более ранней стадии развития. Для икры на поздней стадии развития эксперимент длился 10 суток. Температура во время эксперимента находилась в пределах от +8 до +15 °С. После окончания эксперимента предличинок фиксировали формалином для дальнейшей обработки в лабораторных условиях. Длину тела измеряли от начала головы до конца позвоночного столба. Для вычисления объема желточного мешка измеряли его высоту и длину, сам объем высчитывали по формуле:  $V = 4/3 \times \pi \times 2 \times \text{высоты желточного мешка} (hv) \times \text{длину желточного мешка} (lv)$  (рис. 3). Также учитывались морфологические аномалии (рис. 4).

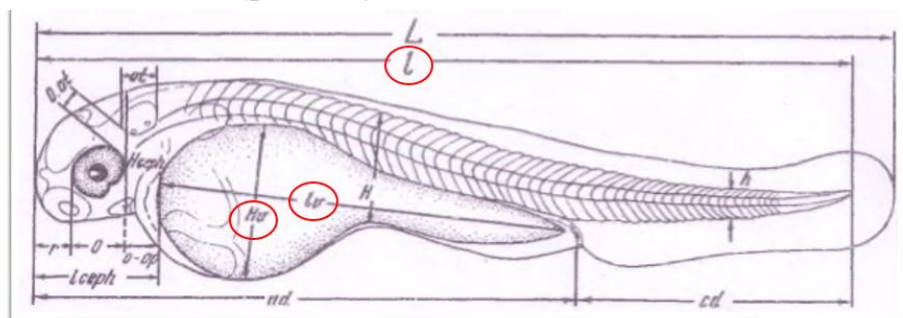


Рис. 3. Схема измерений длины тела и желточного мешка предличинок окуня.

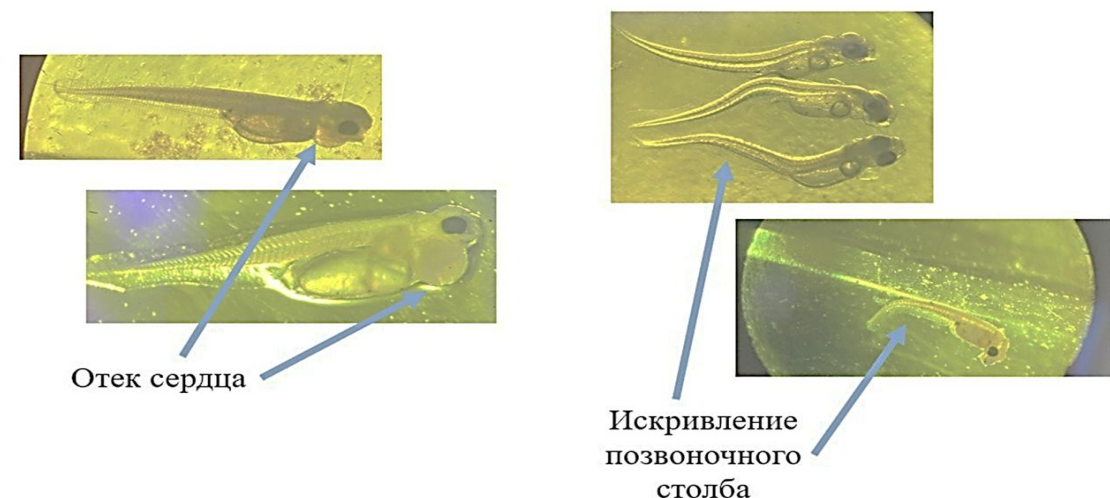


Рис. 4 Типы аномалий развития личинок окуня

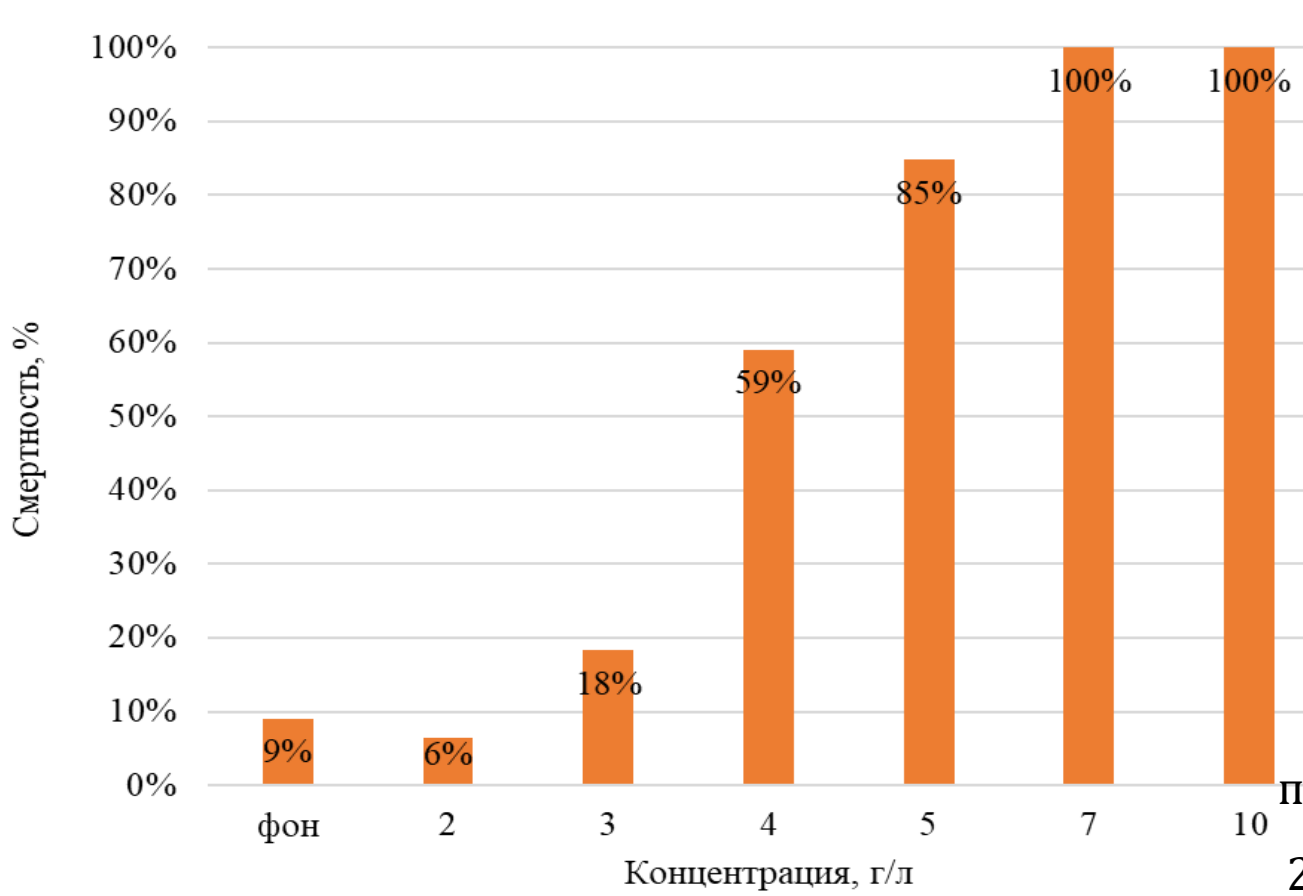
Для расчета значения полулетальной концентрации ( $LC_{50}$ ) в 2023 году проводились отдельные исследования. Эксперимент длился 15 суток. Тестировали хлорид натрия в следующих концентрациях: 2 г/л, 3 г/л, 4 г/л, 5 г/л, 7 г/л, 10 г/л, а также фоновые условия. Температура во время эксперимента находилась в пределах от +8 до +15 °С.

Для проведения статистического сравнения использовали тест Крускала-Уоллиса. Различия считали статистически достоверными при стандартном уровне значимости равном 0,05. Все тесты проводились в программе Rstudio.

## Результаты 2023

Для этого эксперимента нами была посчитана полулетальная концентрация ( $LC_{50}$ ). На последний день эксперимента  $LC_{50}$  составила 3,87 г/л. При экспозиции 96 часов - 9,44 г/л.

Рисунок 9– Смертность эмбрионов и предличинок окуня к концу эксперимента 2023 года продолжительностью 15 суток.



## Результаты 2022

При солености 20 и 24 г/л 100% икринок гибли в течение первых суток. В условиях солености 16 и 12 г/л все икринки погибали на 4 и 8 сутки с начала эксперимента соответственно, развитие личинок внутри оболочек не происходило. При солености 8 г/л и ниже часть эмбрионов выживала. При этом выживаемость была выше в растворе NaCl.

Устойчивость к тестируемым типам соли на разных этапах эмбриогенеза была не одинакова. Смертность эмбрионов, которые были высажены в условия засоления на более поздней стадии достигла почти 100% на 8 сутки эксперимента при минерализации 8 г/л. В то время как у эмбрионов на стадии органогенеза смертность не превысила 50% за тот же промежуток времени (рис. 5). Как в фоновых условиях, так и при минерализации 4 г/л NaCl массовый выклев личинок из икринок отмечался на 10 сутки с начала эксперимента. показатели смертности были близки.

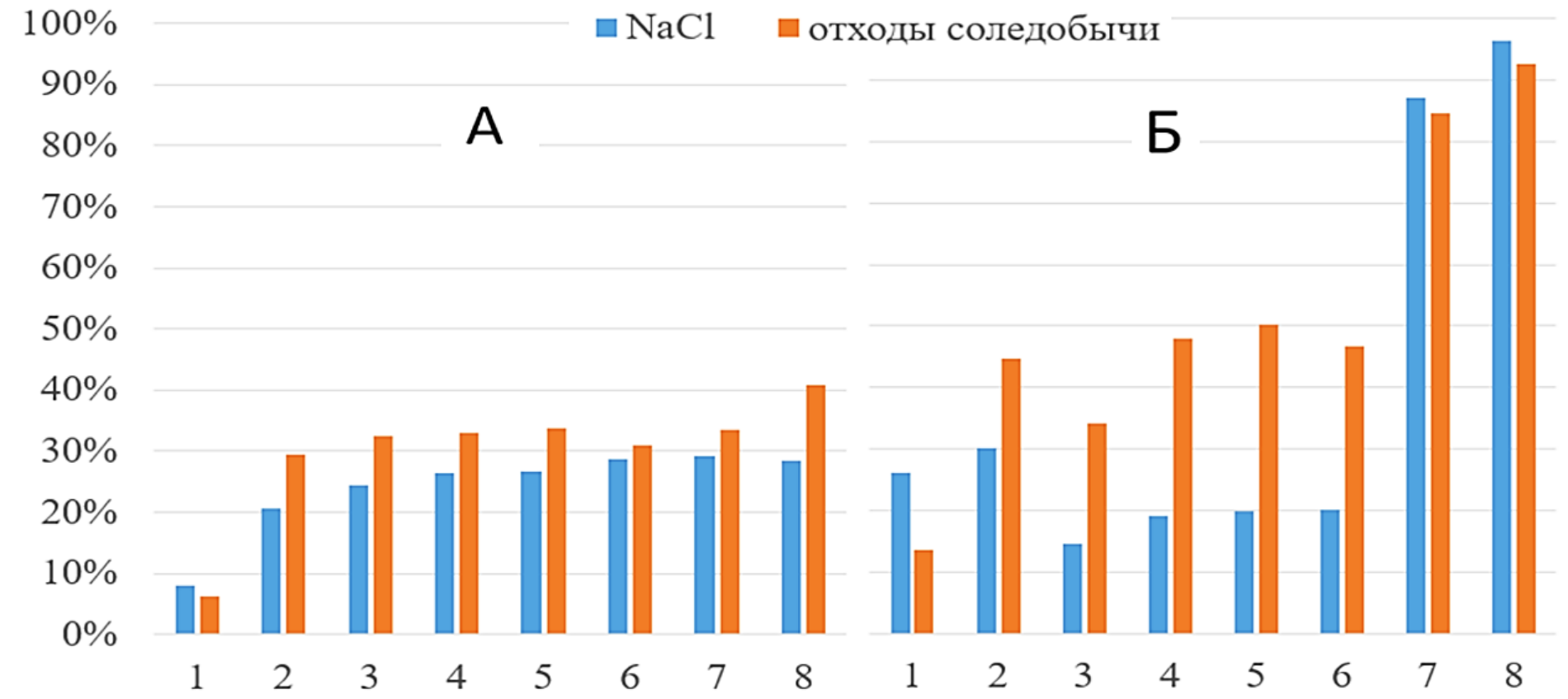


Рис. 5. Суточная динамика смертности эмбрионов *Perca fluviatilis* в зависимости от стадии развития икры и типа соли, при концентрации 8 г/л. А – стадия 5. Б – стадия 8.

Токсичность вещества проявляется не только в смертности. Тип и концентрация соли достоверно влияет на различия в длине тела и объеме желточного мешка. Кроме того, эмбрионы окуня подвергшиеся воздействию соли на 5 и 8 стадии развития, отличались по длине тела и объему желточного мешка (рис. 6 и 7).

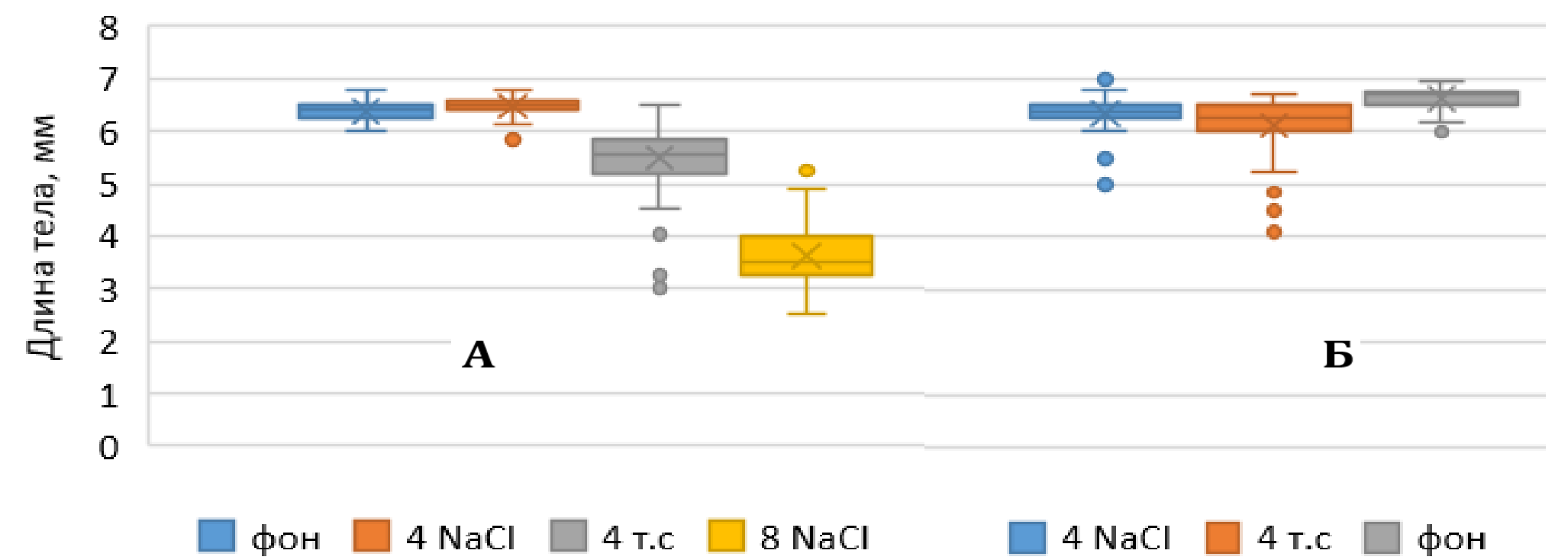


Рис. 6. Длина личинок *Perca fluviatilis* в зависимости от стадии развития и типа соли. А – стадия 5. Б – стадия 8.

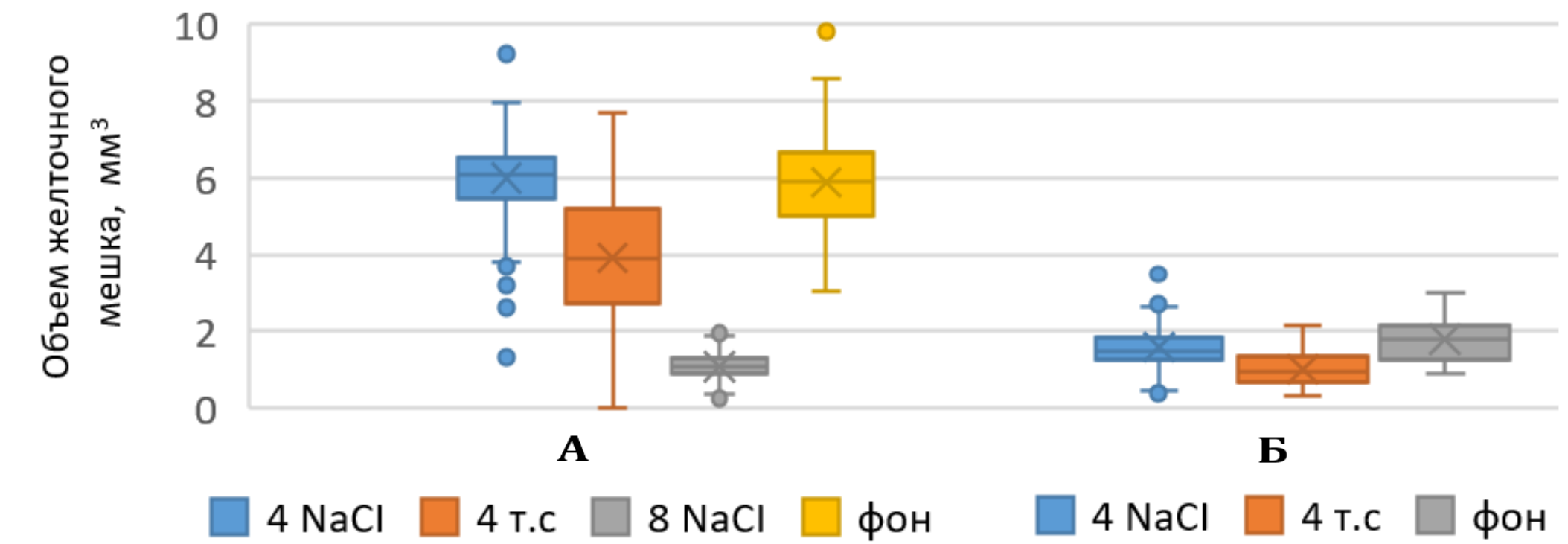


Рис. 7. Объем желточного мешка *Perca fluviatilis* в зависимости от стадии развития и типа соли. А – стадия 5. Б – стадия 8.

В фоновых условиях и при воздействии раствора NaCl с концентрацией 4 г/л у эмбрионов подверженных воздействию на 5 стадии развития аномалии развития не отмечены. В условиях раствора NaCl (4 г/л) во втором опыте (8 стадия) суммарный процент особей с аномалиями составил 25,7 %. Большая доля пришлась на такой тип аномалий, как отек сердца. Большое количество особей с аномалиями, суммарно свыше 40%, пришлось на концентрацию 4 г/л технической соли (отходы соледобычи), причем для обоих опытов (рис. 8). Для второго опыта (8 стадия) в условиях 4 г/л вещества солеотвалов 28,6 % предличинок имели отек сердца, что нами расценивается как тяжелая форма аномалий.

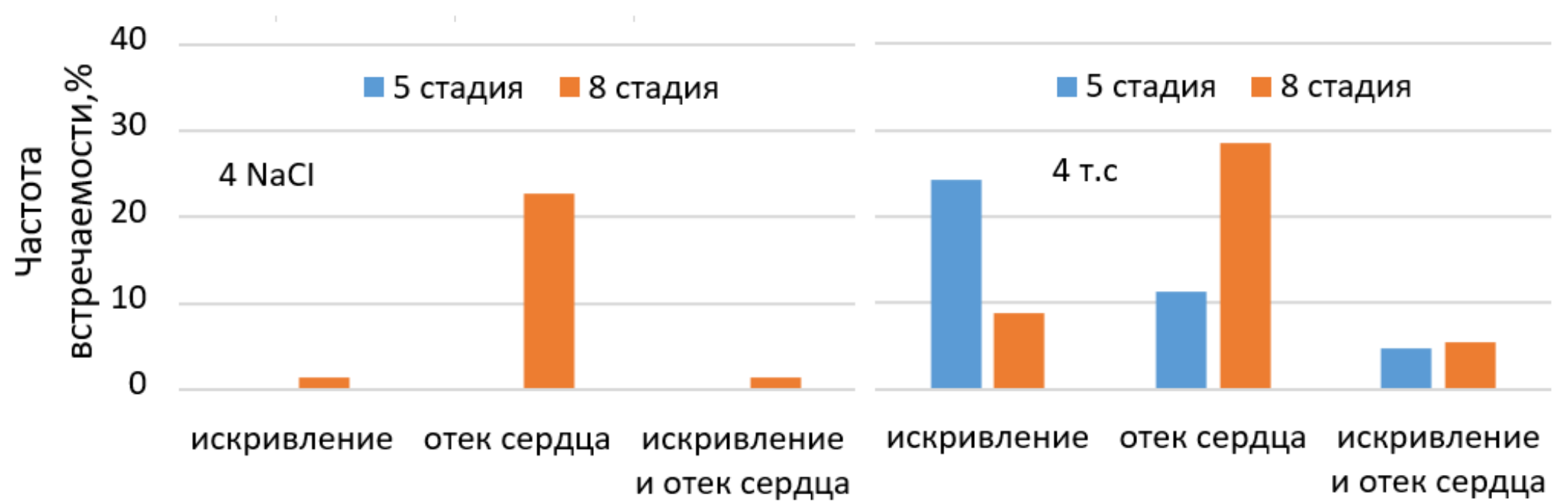


Рис. 8. Частота встречаемости аномалий развития личинок окуня в зависимости от стадии развития и типа соли. 4 NaCl – 4 г/л NaCl, 4 т.с. – 4 г/л отходы соледобычи.

## Заключение

Эмбрионы *Perca fluviatilis* на восьмой стадии развития более чувствительны к соли, что объясняется большей проницаемостью оболочек икры. Это может указывать на потенциально больший негативный эффект в случае засоления нерестилищ окуня на поздней стадии развития икринок. Воздействие раствора хлорида натрия (4 г/л) на ранней стадии развития привело к увеличению роста рыб, что объяснимо снижением затрат на осморегуляцию при небольшом повышении солености. Выявленный нами больший токсический эффект вещества солеотвалов, вероятно, объясняется наличием большого числа различных примесей в составе отходов соледобычи. Таким образом, в результате разработки месторождений солей и складирования галитовых отходов на поверхности происходит повышение концентрации соли в естественных водоемах, способное приводить к снижению эффективности естественного воспроизводства рыб, что доказывается высоким уровнем смертности, деформациями развития, приводящим к низкой приспособленности личинок и их гибели.