

УДК 597; 556, 551. 45

В. Н. Кириллов, В. В. Андреев

Астраханский государственный технический университет

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ВОБЛЫ
К РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЯМ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ**

Вобла, как типичный представитель полупроходных видов Волго-Каспийского региона, нагуливаясь в опресненных участках моря, в период весеннего половодья заходит в водотоки и нерестится в полоях и на мелко-водях ильменей. Нередко из-за резкого падения уровня воды молодь не успевает скатываться в реки и остается в отшнурованных водоемах, в том числе и ильменях. Уровень минерализации воды в них в послепаводковый период подвержен сезонным изменениям и, как правило, характеризуется постепенным ростом от весны к осени за счет испарения воды. В связи с этим определенным интересом представляют сведения о воздействии данного гидрохимического показателя на жизнедеятельность этого вида рыб.

Целью работы было изучение влияния различных уровней солености воды на морфофункциональные показатели воблы.

Материал и методы

Эксперименты проводили в лабораторных условиях с учетом общепринятых в водной токсикологии методов исследования [1, 2]. Для создания определенного уровня минерализации воды (1, 3, 6, 9 и 12 г/л) применяли природную соль из высокоминерализованного ильменя. Контролем служили аквариумы с отстоянной водопроводной водой. В качестве объекта исследования использовали две возрастные группы: сеголетков и трехлетков.

В процессе эксперимента проводили регулярные наблюдения за жизнедеятельностью подопытного материала. Для оценки морфофункционального состояния подопытных рыб исследовали поведение, реакцию на раздражители (звуковой, тактильный), интенсивность дыхания и гематологические показатели по общепринятым методам [3–5]. Полученный цифровой материал был подвергнут вариационно-статистической обработке.

Результаты и обсуждение

Наблюдения за подопытным материалом показали, что стереотип поведения сеголетков и трехлетков воблы в контрольных водоемах имел возрастные различия. Сеголетки в сравнении с трехлетками вели более подвижный образ жизни, держались, как правило, стайкой в толще воды и сильнее реагировали на звуковой и тактильный раздражители. Трехлетки предпочитали находиться на дне. Ритм дыхательных движений рыб младшей возрастной группы также превышал аналогичный показатель трехлетков (табл. 1).

После помещения подопытных рыб в водоемы с уровнем солености воды 1–3 г/л период возбуждения, связанный с их адаптацией к новым условиям, был примерно в 1,5–2 раза больше, чем у соответствующих возраст-

ных групп в контроле. При этом у сеголетков в опытных водоемах он был примерно в два раза длительнее, чем у трехлетков и составлял 5–7 минут. Несмотря на эти различия в начале эксперимента, в последующий период наблюдений общий характер поведения, реакция на раздражители и ритм дыхания подопытных рыб практически не отличались от таковых у контрольных экземпляров ($p > 0,05$).

Таблица 1

Показатели ритм дыхания подопытных рыб

| Сутки | Концентрация соли, г/л | | | | | |
|-------|------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| | 0 (контроль) | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| 1 | $61 \pm 5,3^*$ | $60 \pm 5,7$ | $69 \pm 3,7$ | $73 \pm 6,8$ | $99 \pm 6,3$ | $98 \pm 9,6$ |
| | $48 \pm 1,8$ | $52 \pm 4,3$ | $49 \pm 3,1$ | $64 \pm 5,9$ | $83 \pm 6,0$ | $87 \pm 6,9$ |
| 5 | $57 \pm 4,8$ | $57 \pm 3,5$ | $71 \pm 7,0$ | $89 \pm 6,9$ | $125 \pm 9,3$ | $143 \pm 15,0$ |
| | $44 \pm 4,1$ | $56 \pm 3,2$ | $55 \pm 3,2$ | $69 \pm 4,3$ | $74 \pm 6,8$ | $79 \pm 5,7$ |
| 10 | $63 \pm 3,7$ | $68 \pm 6,3$ | $69 \pm 4,1$ | $87 \pm 6,7$ | $117 \pm 10,1$ | – |
| | $46 \pm 2,8$ | $49 \pm 4,1$ | $50 \pm 3,7$ | $67 \pm 5,1$ | $90 \pm 4,9$ | $109 \pm 9,3$ |
| 15 | $65 \pm 3,7$ | $67 \pm 6,9$ | $73 \pm 7,1$ | $79 \pm 4,9$ | $139 \pm 13,0$ | – |
| | $47 \pm 4,0$ | $45 \pm 3,1$ | $53 \pm 5,4$ | $69 \pm 4,7$ | $101 \pm 9,3$ | $135 \pm 13,0$ |
| 20 | $59 \pm 5,3$ | $61 \pm 2,9$ | $65 \pm 5,8$ | $71 \pm 4,1$ | $129 \pm 12,1$ | – |
| | $49 \pm 3,0$ | $47 \pm 4,0$ | $47 \pm 2,7$ | $63 \pm 3,9$ | $120 \pm 13,0$ | $130 \pm 8,3$ |
| 25 | $62 \pm 5,6$ | $64 \pm 6,0$ | $63 \pm 4,5$ | $78 \pm 7,0$ | $127 \pm 12,7$ | – |
| | $51 \pm 4,1$ | $55 \pm 5,3$ | $61 \pm 2,7$ | $58 \pm 6,0$ | $117 \pm 9,0$ | $139 \pm 11,0$ |

* В числителе – сеголетки; в знаменателе – трехлетки.

В вариантах эксперимента с более высоким уровнем минерализации воды (6–12 г/л) обе возрастные группы воблы после помещения в аквариумы двигались более активно и продолжительно (15–25 минут), чем в водоемах с меньшей концентрацией соли и в контроле. При этом интенсивность двигательной активности подопытных рыб, ее продолжительность и реакция на звуковой и тактильный раздражители нарастали по мере увеличения уровня минерализации воды. После периода возбуждения, через 15–25 минут, в зависимости от концентрации соли и возраста рыб, двигательная активность трехлетков, а затем и сеголетков снижалась. Они успокаивались, опускались в придонные слои водоемов и не совершали резких движений. При этом плавники подопытных рыб были максимально расширены, а на покровах тела отмечалось повышенное слизиотделение. Это сопровождалось усилением реакции на звуковой и тактильный раздражители и увеличением частоты дыхания (табл. 1). В водоемах с уровнем солености воды 6 г/л трехлетки находились в таком состоянии около недели, сеголетки – полторы недели, затем их состояние нормализовалось и приблизилось к контролю. В аквариумах с уровнем минерализации воды 9 г/л у сеголетков воблы на 15-е сутки эксперимента, а у трехлетков на 22-е сутки началось постепенное снижение реакции на звуковой, а затем и на тактильный раздражители. Это сопровождалось увеличением частоты и снижением глубины дыхательных движений. У некоторых подопытных особей в это время появилась дыхательная аритмия, усиливающаяся по мере увеличения длительности интоксикации.

В водоемах с максимальной концентрацией соли (12 г/л) подобные изменения в функционировании организма подопытных рыб появились значительно раньше: у сеголетков – на 5-е сутки, у трехлетков – на 9-е. Кроме того, на 7-е сутки наблюдений в этом варианте эксперимента сеголетки стали периодически подниматься к поверхности воды. В это время они перестали реагировать на раздражители, а у некоторых подопытных особей периодически появлялись судороги плавников и туловищной мускулатуры. На 9-е сутки в этом варианте с сеголетками были обнаружены первые мертвые экземпляры, а к концу дня смертность подопытных особей составила 50 %.

Аналогичные изменения жизнедеятельности в опытных водоемах с максимальным уровнем минерализации воды наблюдались и у трехлетков, но проявление симптомов интоксикации наступило в более поздние сроки, а их 50 %-я смертность была зарегистрирована на 28-е сутки эксперимента.

Визуальный осмотр погибших и оставшихся живых подопытных особей в вариантах эксперимента с максимальной концентрацией соли в воде выявил в их организме ряд аналогичных морфофункциональных изменений, не зависящих от возраста. Как у сеголетков, так и у трехлетков из этого варианта эксперимента было обнаружено повышенное ослизнение жабр и кожи, выраженные деструктивные нарушения респираторного и покровного эпителия, кровоизлияния в жабрах, почках и печени. Аналогичные изменения, но менее выраженные, произошли в жабрах и коже подопытных сеголетков воблы при концентрации соли в воде 9 г/л. В остальных вариантах эксперимента в организме подопытных рыб видимых нарушений в структуре органов и тканей не наблюдалось.

Результаты гематологического анализа подопытных трехлетков воблы, содержащихся в водоемах с различным уровнем минерализации воды, представлены в табл. 2. Полученные данные свидетельствуют, что концентрация соли в воде опытных аквариумов от 1 до 6 г/л не оказала существенного влияния на картину крови исследуемых рыб. В этих вариантах эксперимента количество гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов и СОЭ (скорость оседания эритроцитов) практически не отличались от контроля ($p > 0,05$).

Таблица 2

Гематологические показатели подопытных трехлетков воблы в конце эксперимента

| Концентрация соли, г/л | Показатели крови | | | |
|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| | Гемоглобин, г% | Эритроциты, млн кл./мл | Лейкоциты, тыс. кл./мл | СОЭ, мм/ч |
| 0 (контроль) | 7,7 ± 0,4 | 13,5 ± 0,12 | 42,1 ± 0,9 | 3,2 ± 0,3 |
| 1 | 7,8 ± 0,8 | 1,30 ± 0,10 | 43,3 ± 1,3 | 3,1 ± 0,1 |
| 3 | 7,7 ± 0,3 | 1,39 ± 0,09 | 42,7 ± 2,9 | 3,5 ± 0,3 |
| 6 | 8,2 ± 0,7 | 1,38 ± 0,13 | 44,1 ± 3,7 | 3,6 ± 0,2 |
| 9 | 9,8 ± 0,7 | 1,71 ± 0,10 | 49,0 ± 1,6 | 5,1 ± 0,5 |
| 12 | 12,9 ± 1,0 | 1,69 ± 0,15 | 57,1 ± 4,9 | 4,9 ± 0,5 |

В вариантах эксперимента с уровнем минерализации воды более 9 г/л кровь подопытных рыб была более густой, чем в контроле, а форменные элементы как красной, так и белой крови были более разнообразными по форме и размерам. Цитоплазма эритроцитов окрашивалась неоднородно, нередко наблюдалось смещение ядер к оболочке клеток и их деформация. Аналогичный характер изменений наблюдался и в элементах белой крови, что затрудняло их идентификацию и подсчет лейкоцитарной формулы.

В водоемах с максимальной концентрацией соли в крови подопытных рыб часть эритроцитов подвергалась гемолизу. Кроме того, в этом варианте эксперимента в крови подопытных рыб наблюдалось достоверное увеличение в сравнении с контролем ($p < 0,05$) количества гемоглобина, числа эритроцитов, а также СОЭ.

Заключение

В ходе исследований установлено, что резкое увеличение солености воды до 6 г/л не оказывает существенного негативного влияния на организм исследованных возрастных групп воблы, хотя защитная реакция у сеголетков в этом диапазоне солености протекала в более резкой форме, а адаптационная перестройка их организма была более длительной, чем у трехлетков. Негативное влияние резкого повышения уровня минерализации воды на организм сеголетков воблы начинает проявляться с концентрации соли 9 г/л, а на организм трехлетков – 12 г/л. В этих условиях адаптация рыб к высокому осмотическому давлению внешней среды, безусловно, требует значительных энергетических затрат, основным источником которых являются окислительные процессы пластических веществ в их организме. В связи с этим у подопытных рыб, содержащихся в водоемах с большой концентрацией соли, уже в начале эксперимента, из-за возросшей потребности в кислороде, увеличилась частота дыхательных движений, а впоследствии – количество гемоглобина и эритроцитов. Этому также способствовало ослизиение и деструктивные изменения в жабрах и коже, затрудняющие газообмен. Резкое увеличение уровня минерализации воды привело у подопытных рыб к нарушению осморегуляции и водно-солевого баланса внутренней среды, к смещению обмена веществ в сторону катаболизма, что обусловило появление целого комплекса морфофункциональных изменений в их жизненно важных органах и системах, приводящих в конечном итоге к снижению резистентности, истощению организма и гибели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьяненко В. И., Карпович Т. А. Биотестирование на рыбах: Метод. рекомендации. – Рыбинск: Ин-т биол. внутр. водоемов АН РФ, 1989.
2. Строганов Н. С. Методика определения токсичности водной среды. – М.: Наука, 1971. – С. 14–60.
3. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологических изменений клеток крови рыб. – Ростов н/Д.: Ростов. кн. изд-во, 1989.
4. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983.

5. *Крылов В. П.* Методические указания по гематологическому исследованию рыб в водной токсикологии. – Л.: ГосНИОРХ, 1974.

Получено 2.04.05

**PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE CASPIAN COACH ADAPTATION
TO THE VARIOUS LEVELS OF WATER MINERALIZATION**

V. N. Kirillov, V. V. Andreev

There are results of researches on the influence of water mineralization on fingerlings and two-year old the caspian coach in the paper. It is established that concentration of natural salt up to 6 grams per litre does not influence greatly on their morpho-functional condition. Negative influence on an organism of fingerlings starts to be shown with the concentration of 9 grams per litre, and on an organism of a three-year old fish – from 12 grams per litre. A high level of water mineralization causes a deep adaptable reorganization in an organism of a fish, causing a complex of morphological and functional changes leading to their exhaustion and death.