

Е. А. ВЕСЕЛОВ

ДЛИТЕЛЬНОЕ ВЫЖИВАНИЕ РЫБ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

(Представлено академиком Л. С. Бергом 24 VI 1947)

Смерть рыб, вынутых из воды, наступает с различной скоростью у разных видов: от нескольких минут у сельдей до нескольких часов у карпа, линя и карася. Известны случаи, когда караси и карпы оживали в воде после двух-четырех дней пребывания на воздухе (^{2,12}). Рыбоводы нередко пользуются замедленным умиранием рыбы в воздушной среде для безводных перевозок племенного материала на небольшие расстояния (^{7,9,13}). П. Ю. Шмидт с сотрудниками (^{4,11,16}) добился выживания в воздушной среде крупных осетров до 24 час., стерляди и карпа до 40 час., а мелких карасей до нескольких суток, путем охлаждения рыбы до 0°С и хранения ее на льду. В экспериментах Мартехова (¹⁰) караси промысловых размеров выжили в ящике со льдом при температуре 0,2°С до трех суток (один экземпляр дожил до одиннадцатого дня). Шмидт (¹⁶) предполагает, что при охлаждении рыбы до 0°С происходит почти полное угнетение жизненных процессов и прекращение газообмена, что и является, по его мнению, причиной удаchi подобных экспериментов.

При постановке своих опытов мы исходили из предположения, что первичной причиной смерти рыб в воздушной среде является нарушение водного равновесия в организме рыбы: испарение большого количества воды и высыхание дыхательных поверхностей (эпителии жабр, кожи и ротовой полости). Основываясь на этом предположении, мы попытались достигнуть длительного выживания рыб во влажной атмосфере с определенной упругостью паров, не вызывающей гидратации или дегидратации тканей рыб даже при продолжительном воздействии. Соответствующую упругость паров можно получить путем испарения солевого раствора, изотонического крови рыб, в герметически замкнутом пространстве.

Для экспериментов служили мелкие караси (*Carassius carassius* L.) с длиной тела 8—15 см, взрослые карпы (*Cyprinus carpio* L.) и лещи (*Abramis brama* L.), а также голяны (*Phoxinus phoxinus* (L.)). Подопытные рыбы в течение 2—3 суток перед опытом не получали пищи.

Несколько небольших карасей, вынутых из аквариума и слегка обсушенных фильтровальной бумагой от капелек воды, клались на дно кристаллизатора, помещенного в эксикатор. Стенки эксикатора обильно смачивались раствором Рингера для холоднокровных (криоскопическая точка раствора — 0,47—0,50°С), дно выстилалось ватой, пропитанной этим раствором. Края крышки эксикатора смазывались вазелином, чтобы создать необходимую герметичность. Рыбки некоторое время ведут себя оживленно; подпрыгивают на дне кристаллизатора и делают частые дыхательные движения жаберными крыш-

ками. Через полчаса наступает состояние оцепенения; караси лежат неподвижно, дыхательные движения становятся редкими и нерегулярными (от 2 до 60 движений в час). В таком состоянии караси выживают в течение многих суток. Большое значение имеет температура воздуха в эксикаторе; чем ближе она к 0° , тем полнее состояние оцепенения рыб. Однако достаточно небольшого раздражения например постукивания по эксикатору или открывания его крышки, как рыбки делают несколько энергичных движений. Караси, перенесенные в воду после нескольких суток пребывания в воздушной среде, быстро выходят из состояния оцепенения и выживают в аквариуме неопределенно долгое время, не отличаясь в этом отношении от контрольных экземпляров. С течением времени жизнеспособность карасей, хранящихся в эксикаторе, ослабевает и часть их гибнет.

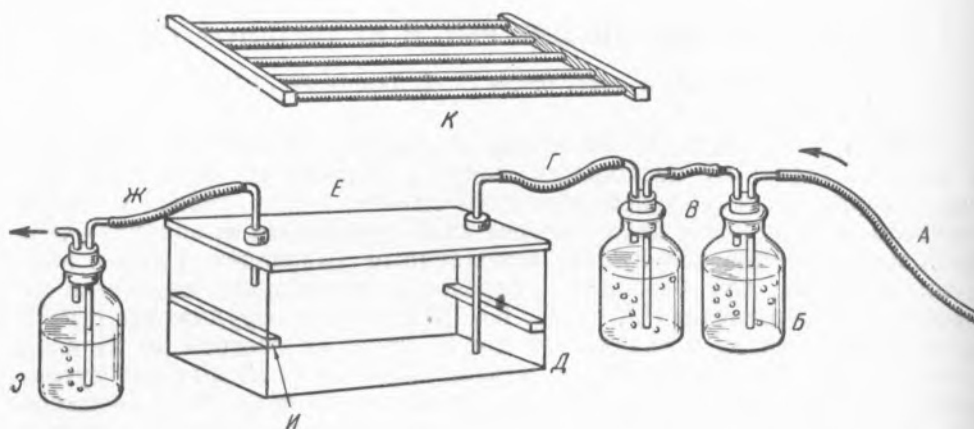


Рис. 1

Погибших рыбок легко отличить по отсутствию двигательных реакций (подпрыгивание, движение жаберных крышек) на постукивание по эксикатору или прикосновение пинцетом к телу рыбы.

На выживаемость рыб в воздушной среде влияет температура и многие другие факторы. При $17-20^{\circ}\text{C}$ наибольшая смертность рыбок наблюдается на пятые-шестые сутки, а при $3-5^{\circ}\text{C}$ только на десятые сутки, причем некоторые караси выживают до 12 суток (табл. 1, серия № 1). Более упитанные экземпляры погибают позже,

Таблица 1

Выживаемость карася в воздушной среде (в процентах)

Т-ра воздуха в $^{\circ}\text{C}$	Серия экспериментов	Число рыб	Время от начала опыта в сутках									
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
17—20	№ 1	51	93,2	72,5	19,6	7,9	—	—	—	—	—	—
17—20	№ 2	77	96,6	80,4	78,6	66,8	41,9	11,8	—	—	—	—
3—5	№ 1	65	97,0	92,4	80,6	72,4	61,6	26,2	—	—	—	—
3—6	№ 2	93	95,2	91,0	85,6	82,4	78,1	68,5	54,6	35,3	22,5	5,4

чем истощенные. Отсутствие смены воздуха сказывается неблагоприятным образом. Караси, помещенные в герметически закрытые пробирки, не выживают при $17-18^{\circ}\text{C}$ более 2—4 суток, хотя все остальные условия такие же, как и в эксикаторе. Для устранения появляющейся на дне кристаллизатора грибковой и бактериальной флоры

мы пришли к необходимости мыть кристаллизаторы раз в два дня, при осмотре эксикатора и удалении погибших рыб. Вторую серию экспериментов мы провели в специально сконструированных респираторах с постоянным током влажного воздуха (рис. 1).

Основной частью респиратора служит стеклянный сосуд призматической формы $D\ 15 \times 25 \times 11$ см, герметически закрывающийся крышкой *Е*. Внутри сосуда, на укрепленных в нем планках *И* помещается колосничек из стеклянных палочек *К*. Дно сосуда выстилается слоем ваты, пропитанной раствором Рингера. На колосничек кладут подопытных рыбок. Респиратор и колосничек дезинфицируются (перед опытом, а также один раз в 2 суток во время опыта) 1% раствором марганцевокислого калия.

Поток воздуха от воздуходувного насоса поступает по трубке *А* в склянку *Б* с 1% раствором марганцевокислого калия, затем — в склянку *В* с раствором Рингера. Половина объема каждой из этих склянок заполнена битым стеклом для распыления струи воздуха на мелкие пузырьки. Раствор марганцевокислого калия служит для дезинфекции воздушной струи, а раствор Рингера — для придания ей соответствующей упругости паров. Воздух, выходящий из респиратора, проходит через склянку *З*, также наполненную раствором Рингера.

Эксперименты, проведенные в респираторе, дали лучшие результаты по сравнению с опытами в эксикаторах (табл. 1, серия № 2).

Гольян значительно хуже карася выдерживает влажную атмосферу. Выживаемость гольяна в эксикаторах не превышает 5 суток (табл. 2).

Таблица 2
Выживаемость гольяна в воздушной среде

Т-ра воздуха в °С	Число рыб	Число выживших рыб				
		1 сутки	2 суток	3 суток	4 суток	5 суток
18—20	10	9	7	2	—	—
4—5	15	13	10	7	4	2

Содержание рыб крупных размеров в воздушной среде сопряжено с большими трудностями. Предварительные опыты, проведенные в примитивных технических условиях, говорят о том, что и с крупной рыбой можно достигнуть положительных результатов. Два карпа весом 550 и 720 г выжили в больших эксикаторах при 21°С 2 суток. Леги весом 350—1200 г выживали в герметически закрытом металлическом ящике с влажной атмосферой от 27 до 49 час. при температуре 20—23°С (4 опыта, объем ящика 40 л).

Выживание рыб в воздушной среде имеет немало аналогий среди беспозвоночных. Массовым примером являются беспозвоночные морской литорали в период отлива. Речной рак довольно долго может жить во влажной атмосфере; этим давно пользуются для перевозки живых раков. Ужва⁽¹⁴⁾ успешно транспортировал сотни тысяч бокоплавов в корзинках с влажным мхом. Галюгареану⁽⁵⁾ выдерживал беззубок (*Anodonta*) более 20 суток в воздушной среде без вреда для их жизни.

Способность многих гидробионтов к переживанию во влажной атмосфере, очевидно, связана с возникшими в процессе эволюции

физиологическими приспособлениями к неблагоприятным условиям водного, газового и пищевого режима. Вероятно, рыбы при переживании в воздушной среде используют те формы дыхания, которые при нормальных условиях являются для них факультативными: газообмен через кожу и плавники, а также через слизистую оболочку рта. Дыхание происходит, по всей вероятности, и через жаберы, однако, лишь незначительная часть их поверхности может участвовать в этом процессе благодаря слипанию жаберных лепестков. Возможно, что большую роль играют анаэробные процессы. Продолжительному пребыванию рыб в воздушной среде способствует понижение у них обмена веществ и энергии в связи с низкой температурой и отсутствием питания (состояние оцепенения).

Возможно, что различная потребность в кислороде является одной из причин того, что карась дольше голяна выживает во влажной атмосфере. Голяна, по экологической классификации Вундера⁽³⁾, относится к пресноводным рыбам первой группы — с ограниченной потребностью в O_2 . Кроме того, карась, карп и лещ в естественных условиях впадают в зимнюю спячку^(1,6,8), следовательно, обладают комплексом физиологических приспособлений, обеспечивающих возникновение оцепенения во влажной атмосфере.

Помимо этих причин, вероятно, имеют значение многие другие, мало изученные факторы, влияющие на продолжительность выживания рыб во влажной атмосфере. Хэнтсман⁽¹⁵⁾, например, объясняет быструю гибель некоторых рыб (кефали, сельдей), после их поимки, асфиксией, вызываемой переходом всего гликогена в молочную кислоту.

Выводы. Некоторые виды рыб (карась, карп, лещ, голяна) способны к длительному выживанию без воды, во влажной атмосфере (от 2 до 20 суток при 3—21°С). На продолжительность выживания влияют видовые физиологические особенности, температура воздуха, упругость паров, смена воздуха и степень стерильности опыта.

Ленинградский государственный
педиатрический медицинский институт

Поступило
15 I 1947

· ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Бородин, Вестн. рыбопр., № 4, 214 (1906). ² М. В. Вильчек, Сб. Вон. госуд. ун-та, 1939. ³ W. Wunder, Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. Handb. der Binnenfischerei Mitteleuropas, 2, 1936. ⁴ В. Гудков и Г. Платонов, Рыбн. хоз. СССР, № 6, 33 (1936). ⁵ D. Galugageanu, Bull. sect. scient. Acad. Roumanie, No. 7, 216 (1914/15). ⁶ М. Идельсон и Н. Танасайчук, Рыбн. хоз. СССР, № 10, 33 (1936). ⁷ А. Исаев, там же, № 4 (1933). ⁸ Н. И. Калабухов, Спячка животных, 1936. ⁹ Б. Лиманов, За рыбную индустрию севера, № 4, 33 (1936). ¹⁰ П. Мартехов, Рыбн. хоз. СССР, № 2, 33 (1937). ¹¹ Г. П. Платонов, там же, № 11, 51 (1936). ¹² Рыбопром. жизнь, № 23—24, 332 (1914). ¹³ Ф. Суховерхов, Рыбн. хоз. СССР, № 8, 8 (1938). ¹⁴ И. Ужва, там же, № 8, 58 (1936). ¹⁵ A. F. Huntsman, Science, 87, No. 2269, 577 (1938). ¹⁶ П. Ю. Шмидт и Г. П. Платонов, ДАН, 3 (12), № 6, 305 (1936).