

П. Ю. ШМИДТ и Г. П. ПЛАТОНОВ

**АНАБИОЗ И ПЕРЕВОЗКА РЫБЫ БЕЗ ВОДЫ**

*(Представлено академиком Л. А. Орбели 29 III 1937)*

Исследованиями над анабиозом рыб, произведенными в Ленинградском институте холодильной промышленности по инициативе кафедры холодильной технологии в 1935—1936 гг., было установлено, что при замораживании рыбы в воде она всегда погибает, при замораживании же на воздухе она может позднее при оттаивании ожить, но лишь в том случае, если заморожен самый поверхностный слой ее тела, тогда как внутри еще не началось кристаллообразование. При промерзании внутренних частей тела, а тем более при полном замерзании рыба никогда не может быть возвращена к жизни. Притом остановить замерзание рыбы на его первых стадиях, когда промерзают лишь поверхностные слои, невозможно; при низкой температуре окружающего воздуха ( $-10$ — $-15^{\circ}$ ) замерзание доходит до конца и рыба гибнет. Эти наши исследования (Шмидт, Платонов и Персон, 1936 г., Гудков\*, 1936 г.) подтвердили результаты прежних исследователей анабиоза рыб (Бородин, 1934 г., Калабухов, 1934 г., Калабухов и Никольский, 1934 г.), несколько уточнив их, и в то же время показали, что для практических целей, для перевозки живой рыбы и хранения ее, ни замораживание рыбы в воде, ни замораживание ее в воздухе не пригодны.

Это заставило нас перейти к опытам охлаждения рыбы до  $0^{\circ}$ . Уже первые наблюдения над небольшими карасями, охлаждаемыми в воде льдом, показали, что они около  $0^{\circ}$  впадают в неподвижное состояние и прекращают дыхательные движения жаберными крышками совершенно, производя вообще впечатление мертвых рыб. Такое состояние может продолжаться в воде часами, после чего рыбы, перенесенные в более теплую воду, оживают. При продолжительном пребывании в холодной воде рыбы однако часто гибнут. Мы стали в виду этого вынимать рыб из воды тотчас по наступлении неподвижного состояния и помещали их на лед во влажную атмосферу. Для этого нами был использован обыкновенный термос, который наполнялся измельченным льдом, в него помещались рыбки, он закупоривался и оставлялся или при комнатной температуре или ставился в крио-

\* Статья В. Д. Гудкова представляет собой экстракт из нашего рукописного предварительного отчета и из дипломной работы Г. П. Платонова, сделанный и опубликованный без нашего ведома и содержащий много ошибок.

стат с криогидратами, дающими при плавлении —3,°9 или —11,°4. При комнатной температуре лед держался в термосе до двух суток, в криостате его удавалось сохранять до 10 суток. Результаты этих опытов показали возможность сохранять небольших карасей и уклек в безжизненном состоянии до 10 суток, после чего, перенесенные в теплую воду, они оживали. Результаты опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Результаты опытов содержания рыб в термосах на льду

№ опыта	Дата 1935—1936 гг.	Рыба, дл. в см	Количество	Продолжительность опыта		Результаты
				часы	минуты	
1/3	9—9 IX	К, 10	1	1	40	Ожил через 20 сек.
2/4	9—10 IX	К, 10	1	21	—	Ожил через 50 сек.
3/5	10—11 IX	К, 10	1	23	30	При температуре воды 14° ожил моментально
4/28	26—27 X	К, 6	1	44	—	При температуре воды 12° ожил моментально
5/30	28—31 X	К, 5	1	70	20	При температуре воды 12° ожил моментально
6/34	5—10 XI	К, 5.5	2	112	—	При температуре воды 6° один карась ожил моментально, другой оказался мертвым. К концу опыта лед в термосе почти весь растаял и рыбки находились в воде
7/48	15—19 XI	К, 5, 4.5	2	92	30	При температуре 2° один карась ожил моментально, другой только через 30 мин.
8/50	19—21 XI	К, 5	1	49	—	Повторный опыт охлаждения после опыта 7/48. Карась ожил, но первое время заметно угнетение
9/60	26 XI—3 XII	К, 8	1	168	—	Ожил, угнетения не заметно
10/61	26—28 XI	К, 16	2	48	—	Ожили моментально, угнетения нет
11/1	31—31 I	У, 6.5	2	1	—	При температуре воды 8° ожили моментально
12/2	31 I—I II	У, 6.5	2	16	30	При 8°.5 ожили моментально. Повторный опыт охлаждения после опыта 11/1
13/3	2—5 II	У, 6, 6.5	2	51	—	При 10° ожили моментально
14/13	8—10 II	У, 5, 5.6	2	50	—	При 10° ожили
15/14	10—20 II	К, 5.5 У, 6	2	240	—	Карась ожил при 4°, уклейка оказалась мертвой. К концу опыта лед в термосе более чем на половину растаял, и рыбы частично лежали в воде. Наблюдения за карасем проводились до 30 III и угнетения не было заметно

Примечание. К — карась, У — уклейка.

Очень вероятно, что 10 суток не являются предельным сроком сохранения рыбой жизнеспособности в данных условиях, но нам не удавалось по чисто техническим причинам предохранять лед от таяния на более долгий срок; при попадании же рыбы в воду, образующуюся от таяния льда, жизнедеятельность ее восстанавливалась, и при недостатке кислорода рыба погибала.

Чтобы выяснить, до какой степени прекращаются жизненные процессы рыбы в данном охлажденном состоянии, нами были поставлены опыты выдерживания рыбы в атмосфере азота. Для этой цели после помещения рыбы в термос, наполненный до  $\frac{2}{3}$  льдом, приготовленным из дистиллированной воды, через термос пропускался в течение 30 мин. ток чистого азота, и затем термос плотно закупоривался, и пробка парафинировалась. Через 10—12 час. азот пропускался вторично. Результаты этих опытов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опытов содержания рыбы на льду в атмосфере азота

№ опыта	Дата 1935 г.	Рыба, дл. в см	Количество	Продолжительность опыта		Результаты
				часы	минуты	
1/21	15—16 X	К, 6	1	20	—	При температуре воды 12° ожил через 15 мин. Заметно некоторое угнетение
2/22	16—17 X	К, 7	1	23	—	При температуре воды 12° ожил через 5 мин.
3/24	17—18 X	К, 6.5	1	17	30	При температуре воды 12° ожил через 30 сек.
4/25	22—23 X	К, 7	1	24	20	При температуре воды 12° не ожил
5/27	25—27 X	К, 7	1	49	30	Моментально ожил
6/29	28—29 X	К, 6	1	23	—	Моментально ожил
7/32	31—X 2 XI	К, 6	1	47	30	При температуре воды 12° моментально ожил
8/37	10—11 XI	К, 5	1	23	30	При температуре воды 12° моментально ожил

Вполне возможно, что и в этом случае 2 суток пребывания в азоте не составляют предела, но нам не удавалось сохранить лед дольше нарастающим. Опыты эти показывают во всяком случае, что жизнедеятельность рыб и их газообмен чрезвычайно понижены. Более подробное исследование физиологического состояния рыб будет нами произведено впоследствии.

Опыты с содержанием на льду более крупных рыб представили большие трудности из-за невозможности получить в наших условиях лабораторной работы константные температуры, близкие к 0°, в течение продолжительного времени. Для рыб длиной в 14—28 см нам удавалось создать такие условия не более, как на сутки, и лишь в опыте № 14/25 карп, помещенный в блок льда, пробыл при 0° 70 час. 40 мин. Результаты опытов приведены в табл. 3.

Произведенные опыты показывают, что и крупные рыбы (караси и карпы) могут сохранять жизнеспособность до суток и более.

Исходя из результатов данных опытов, мы поставили 2 опыта перевозки рыб на льду в охлажденном состоянии. В сентябре 1936 г. Г. П. Платоновым был предпринят на Оранжевой промысле у Астрахани ряд предварительных опытов над осетрами, показавших, что при охлаждении крупных осетров, длиной от 75 до 90 см, в воде льдом до 0° они через 2 часа впадают в неподвижное состояние и прекращают дыхательные движения.

Таблица 3

Результаты опытов над крупной рыбой

№ опыта	Дата 1935—1936 гг.	Рыба, дл. в см	Продолжительность опыта		Условия опыта	Результаты
			час.	мин.		
1/62	26—27 XI	Кп, 26	19	30	На поверхности льда с предварительным охлаждением	При температуре воды +9° ожил; первое время значительно угнетен
2/62	26—27 XI	К, 14	22	—	Во льду с предварительным охлаждением	Не ожил; значительно деформирован льдом
3/4	3—4 II	Кп, 19	27	30	В снегу	Не ожил
4/5	3—4 II	Кп, 19, 7	27	45	В снегу	Не ожил
5/7	4—5 II	Кп, 24	17	—	На поверхности снега с предварительным охлаждением	При температуре воды +12° через 2 мин. началось движение жаберных крышек, но через 2 час. 30 мин. рыба уснула
6/15	10—11 II	К, 15, 5	23	30	На деревянной решетке с предварительным охлаждением	При температуре воды +10° ожил моментально
7/16	10—11 II	Кп, 25	23	—	На деревянной решетке с предварительным охлаждением	Не ожил
8/17	13—13 II	Кп, 23	2	—	В снегу	Ожил моментально
9/18	14—15 II	Кп, 23	17	10	Между двух решеток со снегом с предварительным охлаждением	При температуре воды +9° ожил; первые движения жаберных крышек через 2 мин., через час плавал
10/19	14—15 II	Кп, 22	17	20	Между двух решеток со снегом с предварительным охлаждением	При температуре воды +9° моментально ожил
11/22	15—16 II	Кп, 22	23	10	Между двух решеток со снегом с предварительным охлаждением	При температуре воды +8° ожил; первые признаки жизни через 15 мин. Вторичное охлаждение после опыта № 10
12/23	15—16 II	К, 15, 5	22	40	Между двух решеток со снегом с предварительным охлаждением	При температуре воды +8° моментально ожил. Вторичный опыт охлаждения после опыта № 6.
13/24	16—17 II	Кп, 28, 5	21	55	В снегу	Не ожил
14/25	16—19 II	К, 15, 5	70	40	В блоке льда	Ожил моментально. Карась, охлаждавшийся уже в опытах № 6 и 12
15/26	23—26 II	Кп, 26	42	30	Между решетками с предварительным охлаждением	Не ожил. К концу опыта температура воздуха над рыбой +3°
16/29	25—26 II	Кп, 25 К, 7	17	—	В снегу в плотно закрытом ведре	Карась ожил, а карп нет; к концу опыта снег более чем на половину подтаял
17/30	27—28 II	Кп, 25	18	—	В блоке льда без предварительного охлаждения из воды в +6°	Ожил при температуре воды +10°. Первые движения жаберных крышек через 2 мин., плавают через 15 мин.

Примечание. К — карась; Кп — карп.

Если в таком состоянии их поместить на лед, в плотно запирающийся ящик с изоляцией, то они выдерживают 24 часа и затем оживают при перенесении в воду с температурой  $+15^{\circ}$ . 28 сентября 1936 г. 5 осетров, вынутых из прорези, были помещены в 2 бочки с водой с температурой  $+16^{\circ}.5$ ; прибавлением льда температура воды была в 45 мин. доведена до  $0^{\circ}$ , и рыбы после некоторого периода беспокойства успокоились и впали в неподвижное состояние. Через 2 часа с начала опыта осетры были вынуты и положены на лед в изолированные ящики, которые затем были погружены в трюм баржи-рефрижератора, где воздух имел  $+4-6^{\circ}$ . На следующий день рефрижератор пришел в Астрахань, где ящики были вскрыты через 24 час. 50 мин. после упаковки в них осетров. Рыбы были неподвижны и производили впечатление мертвых, но при помещении в воду с температурой  $+17^{\circ}$  четыре осетра через 15 мин. ожили; один оказался мертвым.

В начале ноября 1936 г. был поставлен второй опыт с доставкой стерлядей на аэроплане. Г. П. Платонов, после подготовительных опытов в Саратове, давших обнадеживающие результаты, 3 ноября уложил на лед в изолированный чемодан 22 стерляди и 1 карпа, предварительно охлажденных в воде льдом до  $0^{\circ}$ . С ними он вылетел 4 ноября утром из Саратова в Москву, но вследствие аварии и неблагоприятной погоды аэроплан прилетел туда не через 5 час., как предполагалось, а через сутки, и рыбы пробыли на льду 42 час. 40 мин. При вскрытии чемодана оказалось, что лед почти весь растаял и в нижней половине чемодана была вода, в которой находился слой рыбы, тогда как в верхней половине рыба лежала на решетке, покрытая сеном. Тем не менее при помещении в аквариум 11 стерлядей и 1 карпа из верхнего слоя рыбы 5 стерлядей и карп ожили и 3 из них прожили в аквариуме (без проточной воды) 5 суток, после чего погибли от загрязнения воды. Из рыб нижнего слоя лишь две стерляди обнаруживали слабые признаки жизни, но не ожили; остальные все оказались мертвыми, так как в образовавшейся от таяния льда воде очевидно ожили в пути и погибли от асфиксии.

Эти опыты перевозки показали полную возможность перевозить рыбу без воды, в охлажденном состоянии, и в дальнейшем мы имеем в виду заняться разработкой методов такой перевозки и выяснением сроков продолжительности возможного пребывания рыбы в состоянии анабиоза.

Поступило  
29 III 1937.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> N. A. Borodin, Zool. Jahrbüch., Abt. allgem. Zool., 53, 313—342 (1934).  
<sup>2</sup> В. Д. Гудков, Холодил. дело, № 5, 31—35 (1936). <sup>3</sup> Н. И. Калабухов, ДАН, № 7, 8 (1934). <sup>4</sup> Н. И. Калабухов и Г. В. Никольский, Рыбн. хозяйство, № 2, 24—26 (1934). <sup>5</sup> П. Ю. Шмидт, Г. П. Платонов и С. А. Персон, ДАН, № 6 (101), 305—308 (1936).