

УДК 597-15 : 597.442

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ АЗОВСКИХ ОСЕТРОВЫХ В УСЛОВИЯХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ МОРЯ

С.П.Воловик, Л.В.Баденко,
Н.Г.Дорошева, А.П.Куропаткин,
В.П.Щигельская
(АзНИИРХ)

Интенсивный рост потребления воды в бассейне Азовского моря на хозяйственные нужды, совпавший с периодом исключительного маловодья (1971-1975 гг.), обусловил крайне неблагоприятные изменения в режиме моря (Бронфман, 1977) и его продуктивности (Ворович и др., 1977), что в свою очередь качественно изменило кормовую базу осетровых (Савчук, 1975). Так, заметно уменьшилось количество бычков вообще и на традиционных местах нагула белуги и севрюги в частности, основные концентрации бычков сместились в северо-восточную часть моря и в западный район Таганрогского залива, изменился состав бентоса, произошло утолщение створок у ряда моллюсков, что ухудшило их кормовое качество.

Обитание осетровых в условиях пониженной продуктивности Азовского моря вызвало изменение некоторых физиологических параметров рыб, что привело к ухудшению средних показателей предмиграционного нагула (табл. I).

В последние годы по сравнению с периодом наиболее благоприятного режима моря (1964-1968 гг.) резервная жирность осетра в предмиграционный период уменьшилась на 15%, донской севрюги - на 24%, кубанской севрюги - на 41%, белуги - на 37%.

У осетра и севрюги снижение показателей предмиграционного нагула связано не только с условиями откорма рыб, но и с

омоложением нерестовой части популяции. Однако у белуги средний возраст самок, мигрирующих в Дон, увеличился, а резервная жирность снизилась (см. табл. I).

Т а б л и ц а I

Некоторые эколого-физиологические показатели ($\frac{\pm}{}$) азовских осетровых при благоприятном (числитель) и неблагоприятном (знаменатель) режиме моря

Показатели	Белуга	Осетр	Севрюга кубанская	Севрюга донская
Возраст, годы	$22,4 \pm 0,4$	$21,0 \pm 1,0$	$14,4 \pm 1,0$	$16,8 \pm 0,4$
	$24,0 \pm 0,7$	$17,8 \pm 0,6$	$12,3 \pm 0,45$	$14,6 \pm 0,5$
Длина, см	$254 \pm 6,0$	155 ± 6	$133,7 \pm 1,4$	$145 \pm 1,5$
	$265,3 \pm 3,8$	$144 \pm 1,4$	$128 \pm 1,3$	$131 \pm 3,0$
Вес, кг	$172 \pm 9,1$	$30,8 \pm 1,2$	$12,5 \pm 2,7$	$15,7 \pm 0,5$
	$181,6 \pm 4,0$	$27,1 \pm 1,0$	$11,5 \pm 0,4$	$12,7 \pm 1,0$
Плодовитость, тыс. икринок	1144 ± 726	405 ± 27	$282 \pm 20,0$	$332 \pm 11,9$
	1139 ± 724	$334 \pm 22,6$	$214 \pm 7,9$	$234 \pm 2,7$
Жирность, %	$31,2 \pm 1,2$	$23,7 \pm 1,01$	$32,6 \pm 4,3$	$23,5 \pm 2,0$
	$19,6 \pm 2,8$	$20,2 \pm 2,8$	$19,1 \pm 1,9$	$17,9 \pm 2,0$
Белок сыворотки крови, %	$4,43 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,01$	$4,6 \pm 0,2$	$3,73 \pm 0,03$
	$3,03 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,01$	$4,2 \pm 0,3$	$3,71 \pm 0,2$
Число рыб	$\frac{111}{86}$	$\frac{25}{138}$	$\frac{30}{70}$	$\frac{143}{127}$

Примечание. В колонке "Севрюга кубанская" числитель - 1969-1971 гг., знаменатель - 1972-1975 гг., в остальных колонках числитель - 1964-1968 гг., знаменатель - 1969-1975 гг.

Происшедшие изменения физиологических показателей осетровых пока не выходят за рамки адаптационных, но, несомненно, вселяют определенную тревогу, так как могут иметь самые разноплановые последствия в процессе воспроизводства и промысла этих рыб.

Из рассматриваемых трех видов осетровых в лучшем физиологическом состоянии находится осетр, который относительно быстро наращивает свою численность. Это связано с тем, что осетр в меньшей степени, чем белуга и севрюга, нуждается в рыбном корме, количество которого существенно уменьшилось, а также с тем, что осетр является наиболее освоенным рыбоводным объектом.

В последние годы, на фоне увеличения численности и омоложения стада азовских осетровых, на местах зимовки, в юго-западной части моря, стали наблюдаться случаи их гибели. До 1974 г. погибшую рыбу обнаруживали весной на берегу Арабатского и Казантипского заливов в стадии глубокого разложения. Это были преимущественно крупные экземпляры белуги, осетра и севрюги. По виду рыб в выбросах предполагалось, что гибель происходила зимой, в период ледостава. В 1974 г. в этом районе в период образования льда были обнаружены вмерзающие в лед осетровые рыбы со слабыми признаками жизни, но без следов травмирования или обьячеивания. Здесь были уже рыбы не только крупные, но и средних размеров. Наибольшим отход был в зиму 1976/77 г., причем среди погибших рыб сохранялось то же соотношение видов, что и в море. Длина погибших рыб колебалась от 35 см (осетр, севрюга) до 450 см (белуга), возраст — от 1 до 20 лет.

Анализ состояния вопроса позволил создать ряд рабочих гипотез о причинах, вызывающих гибель рыб.

1. Гибель рыб, возможно, связана с недостатком корма, обусловленным преобразованием донных биоценозов, недостаточностью нагула и слабой подготовленностью осетровых к зимовке.

2. Гибель может наступать от асфиксии, вызванной заморными явлениями (возникающими из-за солевой или температурной стратификации, интенсивного разложения значительного количества органики, поставляемой медузами) или механическим исключением жаберного аппарата мелкими кусочками льда в момент льдообразования.

3. Причиной гибели рыб могло явиться переохлаждение, нарушение водно-солевого обмена и постоянства внутренней среды в результате выключения при холодовом шоке сердечной и дыхательной деятельности, регулируемой специфическими ферментативными системами.

Предварительный анализ собранного материала позволил исключить гипотезу о гибели рыб от истощения по причине недоедания. Известно, что при низких температурах рыбы могут находиться в состоянии голодания месяц и более. При этом прямые наблюдения за динамикой жирности половозрелых рыб показывают, что наибольшие траты резервного жира происходят в теплые зимы, когда рыбы не гибнут.

Не могла произойти гибель рыб и от заморов, так как наблюдалась она в основном в суровые зимы, когда становление льда сопровождалось высокой ветровой активностью, обеспечивающей полное перемешивание водной толщи и вентиляцию ее придонных слоев. При этом на местах гибели рыб не отмечено ни газовой, ни температурной, ни солевой стратификации. Гидрохимический режим и состояние бентосных организмов во время гибели рыбы также исключают возможность заморов.

Гипотезу о гибели осетровых в результате интоксикации можно было бы принять, так как не исключено, что зона температурной и дыхательной адаптации рыб значительно сужается в суровые зимы за счет воздействия на организм различных токсических веществ. Однако токсикологические исследования на местах зимовки и экспериментальное изучение продуктов распада медуз и их воздействия на рыб не выявили фенолов и других поллютантов, вызывающих гибель рыб. В растворах разной концентрации продуктов распада медуз рыбы не обнаруживали явных признаков токсикоза.

Наиболее вероятной представлялась гипотеза о гибели рыб от переохлаждения, так как они гибнут в основном в суровые зимы, когда сумма отрицательных температур составляет $-400-500^{\circ}\text{C}$, а сплошной ледовый покров держится 40 суток и более. Средняя температура воды в январе - феврале таких лет достигала минус $1,2^{\circ}\text{C}$. Кроме того, известно, что адаптация рыб к низким температурам сопровождается определенными сдвигами показателей обмена. При этом значительно повышаются осмолярность и содержание хлоридов в плазме, а также холестерина и глюкозы в сыворотке крови, т.е. веществ, известных своими антизамораживающими свойствами. Содержание гликогена в печени снижается.

Эти и другие данные послужили отправными при оценке результатов комплексных исследований по выявлению причин гибели осетровых на местах зимовки.

Материал, характеризующий условия зимовки рыб и их физиологическое состояние в предзимовальный период, сотрудники АзНИИРХ начали собирать с 1968 г., когда были зарегистрированы единичные случаи гибели рыб в Азовском море.

Условия нагула рыб оценивались в период ноябрьских учетных съемок с судов, а также во время и после зимовки рыб на базе контрольно-наблюдательных пунктов Мысовое (Казантипский

залив) и Счастливецво (Арабатская стрелка). Зимой 1976/77 и 1977/78 г. в юго-западной части Азовского моря работали комплексные экспедиции, которые наряду с гидролого-гидрохимическими исследованиями проводили общебиологические наблюдения с определением некоторых показателей физиологического состояния осетровых рыб.

С 1972 по 1978 гг. - период наиболее интенсивных работ - подвергнуто анализу более 700 особей, в том числе 377 осетров, 288 севрюг и 144 белуги. Рыб отлавливали активными и пассивными орудиямилова по всей водной толще, в том числе и в поверхностном слое. Контролем служили подвижные особи, отловленные у дна. У всех особей определяли возраст, длину и вес тела, содержание жира в мышечных депо, гемоглобина в крови, концентрацию белка, липидов и холестерина в сыворотке крови. Биохимические и физиологические показатели устанавливали общепринятыми методами. Собранные пробы рыб, воды и грунта консервировали и передавали в другие специализированные учреждения для выявления поллютантов (солей тяжелых металлов, ядохимикатов) и выполнения бактериологических и токсикологических анализов.

В дополнение к натурным наблюдениям на базе Бердянского рыбокомбината проводили эксперимент по искусственному охлаждению осетровых, при котором помимо биохимических исследований анализировали функциональное состояние желез внутренней секреции, регулирующих адаптацию рыб к различным условиям обитания.

Условия зимовки осетровых в юго-западной части Азовского моря

С 1969 г. соленость вод Азовского моря из года в год увеличивается: если в 1968 г. ее среднее значение составляло 11⁰/оо, то к 1976 г. она достигла 14⁰/оо. Минерализация вод в южном и юго-западном районах в исследуемый период также изменилась: по данным осенних съемок, в 1971 г. она равнялась соответственно 14 и 13⁰/оо, а в 1976 г. - 15 и 14⁰/оо.

В 1977 г. материалы гидрологических станций не показали температурной стратификации толщи воды. Максимальные различия температуры в придонном (9,5 м) и поверхностном горизонтах составляли 0,1⁰С. Абсолютные значения температуры воды за период съемок (с 8 по 21 января 1977 г.) колебались от -0,6 до -0,8⁰С, что согласуется с данными ГМС Мысовое (рис.1).

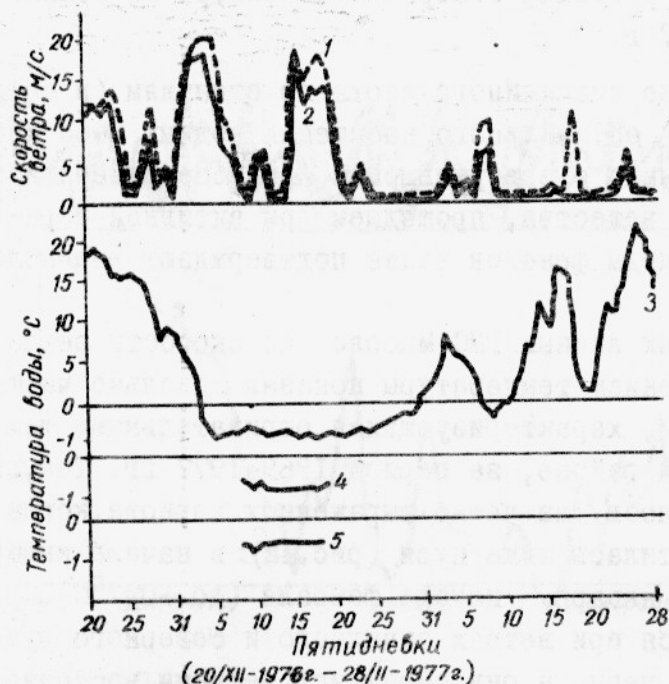


Рис. I. Некоторые гидрометеорологические характеристики зимы 1976/77г.:

- 1, 2 - соответственно максимальная и средняя скорость ветра ССВ, СВ и ВСВ румбов, м/с (по данным ГМС Мысовое);
- 3 - среднесуточная температура воды, °С (по данным ГМС Мысовое);
- 4, 5 - соответственно поверхностная и придонная температура воды, °С (по данным экспедиций АзНИИРХ)

при некотором ослаблении ветровой активности наблюдалось повсеместное образование шуги и локального неустойчивого ледового покрова, разрушавшегося с усилением ветра.

Активная ветровая деятельность обусловила хорошую аэрацию вод. Содержание растворенного кислорода в придонных горизонтах достигало 106,2% при минимуме 93,5%, а в среднем оно было на уровне 100% насыщения. Одновременно и в придонных горизонтах, и в толще воды не было зафиксировано следов сероводорода и

В период работ экспедиции в обследуемых районах происходило интенсивное вертикальное перемешивание водной толщи. Это было вызвано активизацией ветровой деятельности (скорость ветра северо-западного направления достигала 20 м/с при температуре воздуха от -15 до -20°C), сопровождавшейся формированием мощных нагонных явлений и противотечений в придонном горизонте, питаемых поверхностными охлажденными водными массами. Охлаждение водной толщи, средняя соленость которой равнялась 14‰, в этот период достигало критического уровня, т.е. было близко к точке заморзания (Океанологические таблицы, 1957) и при некотором ослаблении ветровой активности наблюдалось повсеместное образование шуги и локального неустойчивого ледового покрова, разрушавшегося с усилением ветра.

аммиака — неизменных спутников заморных явлений, что позволило исключить гипотезу о гибели осетровых от замора по крайней мере для ситуации 1977 г.

Высокое содержание аммонийного азота по станциям (в среднем 350 мг/м^3) на фоне оптимального насыщения водных масс кислородом свидетельствовало о завершившемся процессе минерализации азотсодержащего вещества, прошедшем при активной аэрации. Отсутствие или следы фенолов также подтверждают это положение.

Анализ многолетних данных ГМС Мысовое по скорости ветра и среднесуточным значениям температуры показал довольно частую повторяемость ситуаций, характеризующихся отрицательными температурами воды в этом районе, за период 1969–1977 гг. Так, зимой 1969/70 г. отмечалось два четко выраженных периода, когда температура воды опустилась ниже нуля (рис.2а): в начале января (до $-0,2^\circ\text{C}$) и в конце января — начале февраля (до $-0,7^\circ\text{C}$). Процесс охлаждения начался при ветрах западного и северного румбов и лишь в середине периода они сменились ветрами восточного направления. Однако, несмотря на охлаждение воды в поверхностном слое до $-0,7^\circ\text{C}$, подобной гомотермии по всей толще воды не наблюдалось, так как ветры западного направления способствуют формированию в юго-западной части Азовского моря стонных явлений в поверхностном слое с подтоком по придонным горизонтам более теплых вод из центральных районов моря. Кроме того, в эту зиму соленость воды была на уровне $11,5\text{--}11,6^\circ/\text{oo}$, что способствовало замерзанию моря при меньшем охлаждении воды и более высокой температуре ($-0,5\text{--}0,6^\circ\text{C}$). Аналогичная ситуация при замерзании моря отмечалась и в зиму 1970/71 г.

Зимой 1971/72 г. (в начале января) также произошло резкое охлаждение прибрежных вод в южном районе Азовского моря. Процесс охлаждения вод перед замерзанием моря усугублялся интенсивными ветрами восточных направлений (рис.2б). Следовательно, зимой 1971/72 г. схема течений была той же, что и в 1977 г. Температура воды в море снизилась до $-0,8^\circ\text{C}$, а минерализация, по данным ГМС Мысовое, составляла $11,6\text{--}12,4^\circ/\text{oo}$. Это дает основание полагать, что придонные слои воды также охладились до $-0,8^\circ\text{C}$, т.е. до температуры замерзания. Весной 1972 г. рыбинспекцией было обнаружено 135 осетровых рыб, погибших во время зимовки.

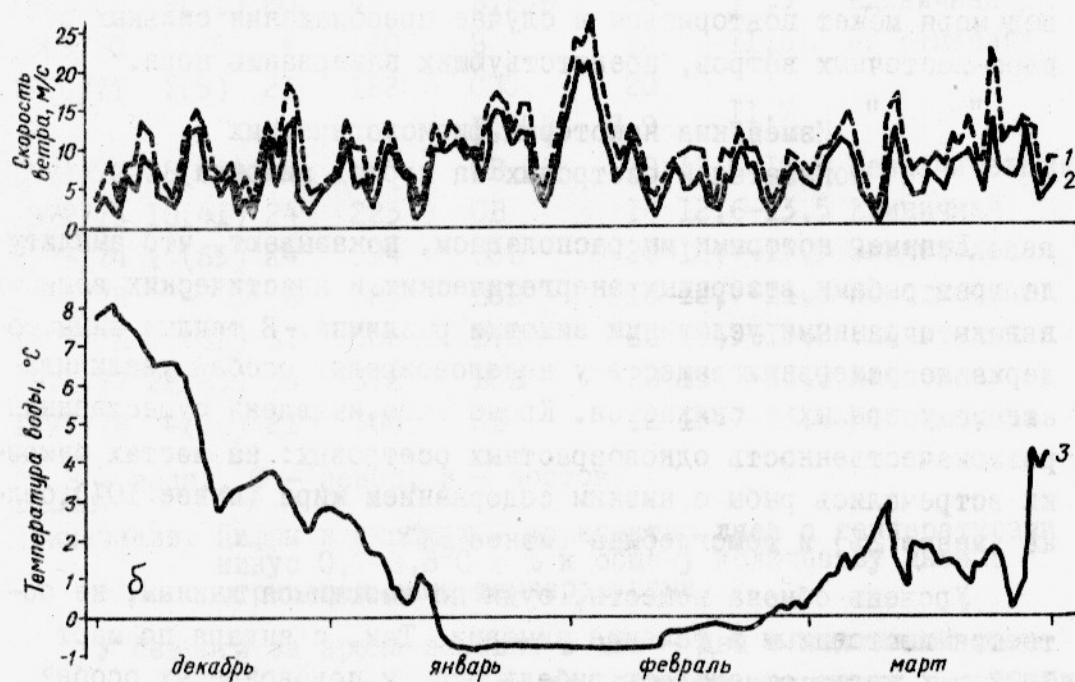
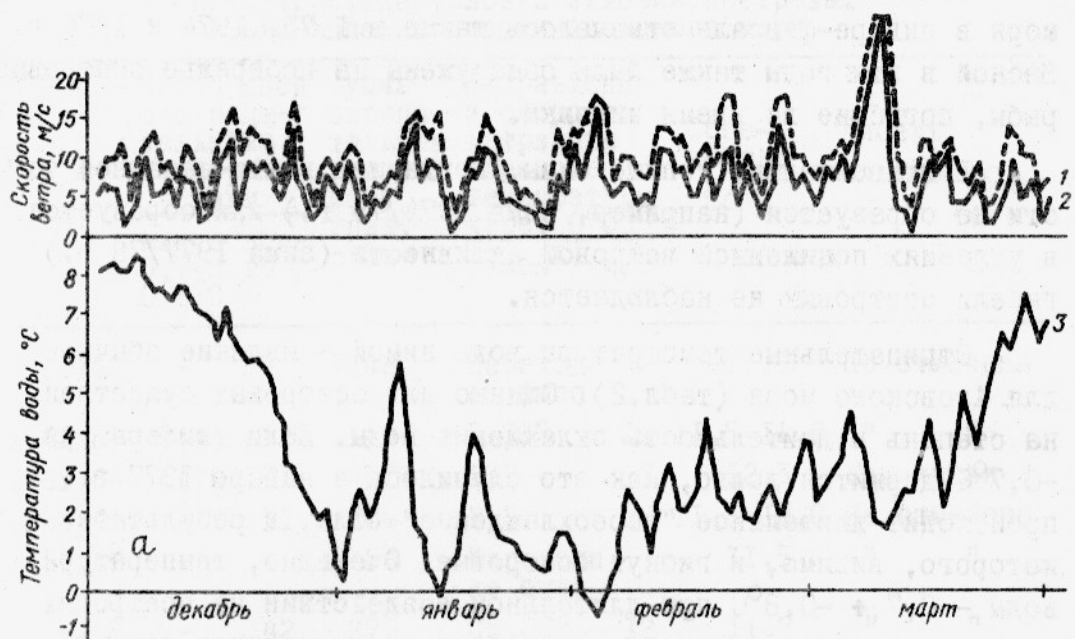


Рис.2. Некоторые гидрометеорологические характеристики (по данным ГМС Мысовое) зимы 1976/77 г. (а) и 1971/72 г. (б):

- 1, 2 - соответственно максимальная и средняя скорость ветра, м/с,
- 3 - температура воды, °С

Подобное охлаждение вод в юго-западном районе Азовского моря в январе-феврале отмечалось также в 1973, 1974 и 1976 г. Весной в эти годы также были обнаружены на побережье осетровые рыбы, погибшие во время зимовки.

В относительно теплые зимы, когда лед в юго-западной части не образуется (например, зима 1974/75 г.) или образуется в условиях пониженной ветровой активности (зима 1977/78 г.) гибели осетровых не наблюдается.

Отрицательные температуры воды зимой - явление обычное для Азовского моря (табл.2). Однако для осетровых существенна степень и длительность охлаждения воды. Если температура $-0,7^{\circ}\text{C}$ держится долго, как это случилось в январе 1977 г., происходит длительное "переохлаждение" воды, в результате которого, видимо, и гибнут осетровые. Очевидно, температура воды $-0,7 \pm -0,8^{\circ}\text{C}$ при длительном воздействии на осетровых становится для них критической. Судя по имеющимся данным, подобное "переохлаждение" при современной высокой солености вод моря может повториться в случае преобладания сильных северо-восточных ветров, препятствующих замерзанию моря.

Изменения некоторых физиологических показателей осетровых за период зимовки

Данные, которыми мы располагаем, показывают, что амплитуда трат рыбами резервных энергетических и пластических веществ в годы с разными условиями зимовки различна. В теплые зимы содержание резервных веществ у неполовозрелых особей увеличивается, а у зрелых - снижается. Кроме того, выявлена существенная разнокачественность одновозрастных осетровых: на местах зимовки встречались рыбы с низким содержанием жира (менее 10%), белка (менее 2%) и гемоглобина (менее 5%).

Уровень обмена веществ, судя по имеющимся данным, не остается постоянным в течение зимовки. Так, с января по март 1977 г., когда отмечалась гибель рыб, у половозрелых особей осетра (в возрасте 10-15 лет) отмечено достоверное снижение содержания липидов и холестерина, у неполовозрелых (в возрасте 5-9 лет) - достоверное снижение жирности и наряду с этим увеличение сывороточного белка и холестерина (табл.3).

Т а б л и ц а 2

Характеристика условий зимовки осетровых
в юго-западной части Азовского моря

Г о д	Число дней с отрицательными температурами		Сумма отрицательных температур, градусо-сутки	Направление ветра при переходе температуры через 0°C	и скорость ветра при переходе температуры через 0°C	Соленость, ‰	Гибель осетровых	
	минус 0,7-0,8°C	все-го					румбы ^{х)}	м/с
1961/62	-	-	148	Перехода не было		11,3	Не отмечена	
1962/63	2(4)	52	349	З,ССЗ	20	11,5-11,8	"	"
1963/64	6(20)	33	412	ВСВ	7	12,3	Единичная	
1964/65	-	31	284	В,З	20	11,3-12,0	Не отмечена	
1965/66	-	-	56	Перехода не было		11,5	"	"
1966/67	-	42	278	СЗ,ЗСЗ	12	11,7	"	"
1967/68	-	24	245	З,СЗ	20	11,8-12,0	"	"
1968/69	19(31)	60	490	В,ВСВ	28	11,5	Единичная	
1969/70	1(25)	4	180	З	12	11,6	Не отмечена	
1970/71	1(5)	21	182	СЗС, В,ВСВ	20 7-9	11,7	"	"
1971/72	28(68)	42	490	СВ	10	12,0-12,9	Незначительная	
1972/73	10(41)	24	223	СВ	10	12,6-13,5	Единичная	
1973/74	15(63)	24	394	ВСВ	20	12,7-13,5	Значительная	
1974/75	-	6	85	ВСВ	18	12,7-13,3	Не отмечена	
1975/76	11(36)	31	306	В,СВ	20	13,3-13,9	Значительная	
1976/77	22(63)	35	312	ВСВ	20	13,7-13,9	Массовая	
1977/78	4(20)	21	308	СВ	12	13,7-13,8	Не отмечена	

х) З - запад, С - север, В - восток.

Примечание. Цифры в скобках - количество дней с температурами минус 0,7-0,8°C в % к общему количеству дней с отрицательными температурами.

У севрюги за время зимовки в два - два с половиной раза уменьшается содержание липидов при близких значениях гемоглобина, холестерина, жира в мышечной ткани и белка в сыворотке крови (см.табл.3). Следовательно, при достаточно высоком уровне липидов в сыворотке крови (более 1000 мг%) и у осетра, и у севрюги во время зимовки для поддержания энергетического обмена в первую

очередь мобилизуются липиды сыворотки крови. Содержание мышечного жира и белка в сыворотке крови при этом остается неизменным. При низком содержании липидов в крови (440-700 мг%) происходит мобилизация резервного мышечного жира, а некоторое повышение холестерина следует рассматривать как адаптивную реакцию.

Таким образом, зимой 1976/77 г., когда наблюдалась гибель рыб, содержание в сыворотке их крови липидов, холестерина и других веществ, известных своими антизамораживающими свойствами, не повышалось, а снижалось, т.е. происходил срыв процессов адаптации в связи с истощением резервных ресурсов организма при длительном воздействии низких температур.

Подготовка к зимовке рыб в 1977/78 г. проходила при постепенном снижении температуры воды. Период нагула был длительнее, чем в предыдущий год. На протяжении всего предзимовального нагула и зимовки рыбы не прекращали питаться. Анализ материала показал, что за время этой зимовки у обеих возрастных групп осетра достоверно повысилось содержание в сыворотке крови белка и холестерина. Количественные изменения концентрации гемоглобина не достоверны. Содержание жира в мышечных депо рыб младшей возрастной группы несколько повысилось, жирность рыб старшей возрастной группы практически не изменилась (табл.4).

Динамика физиолого-биохимических показателей крови у севрюги с декабря 1977 по март 1978 г. носит такой же характер, как и у осетра, т.е. у обеих возрастных групп отмечено достоверное увеличение белка, липидов и холестерина в сыворотке крови, в то время как концентрация гемоглобина в крови и содержание влаги и жира в мышечных депо практически не изменились (см.табл.4).

Таким образом, при постепенном охлаждении воды рыбы адаптируются к низким температурам; в сыворотке их крови накапливается значительное количество высокомолекулярных соединений (белков, липидов, холестерина), позволяющих сохранить постоянство внутренней среды организма рыбы при его охлаждении.

Т а б л и ц а 3

Динамика некоторых физиолого-биохимических показателей ($M \pm m$)
осетра и севрюги за зимовку 1976/77 г.

Показатели	Неполовозрелые		Половозрелые	
	$M \pm m$	P	$M \pm m$	P
Осетр				
Длина, см	$90,9 \pm 3,5$	0,10	$119 \pm 2,7$	0,10
	$91 \pm 1,6$		$119 \pm 3,4$	
Вес, кг	$5,7 \pm 0,7$	0,10	$15,0 \pm 1,3$	0,10
	$5,5 \pm 0,2$		$13,7 \pm 1,8$	
Возраст, годы	$7,1 \pm 0,4$	0,10	$12,0 \pm 0,5$	0,10
	$7,0 \pm 0,2$		$13,4 \pm 1,7$	
Гемоглобин, г%	$6,9 \pm 0,9$	0,10	$8,7 \pm 0,8$	0,10
	$7,3 \pm 0,3$		$8,6 \pm 0,2$	
Сыворотка крови				
белок, %	$3,4 \pm 0,4$	0,05	$4,3 \pm 0,6$	0,10
	$4,4 \pm 0,2$		$4,2 \pm 0,2$	
липиды, мг%	572 ± 130	0,01	1194 ± 312	0,05
	$546 \pm 54,3$		$506 \pm 57,0$	
холестерин, мг%	$105 \pm 21,6$	0,01	$250 \pm 42,7$	0,10
	$172 \pm 11,8$		$163 \pm 13,7$	
Мышцы				
влага, %	$75,1 \pm 0,5$	0,10	$72,7 \pm 0,9$	0,10
	$75,6 \pm 0,4$		$72,5 \pm 0,9$	
ж и р, %	$19,2 \pm 1,2$	0,05	$20,6 \pm 1,8$	0,10
	$15,8 \pm 1,1$		$22,0 \pm 2,6$	
Число рыб	$\frac{12}{34}$		$\frac{13}{16}$	
	Севрюга			
Длина, см	$105 \pm 3,7$	0,10	$120 \pm 4,0$	0,10
	$103 \pm 1,3$		$118 \pm 5,2$	
Вес, кг	$5,4 \pm 0,5$	0,10	$8,4 \pm 1,7$	0,10
	$5,1 \pm 0,2$		$7,9 \pm 1,0$	
Возраст, годы	$6,8 \pm 0,6$	0,10	$11 \pm 0,5$	0,10
	$6,7 \pm 0,2$		$10,8 \pm 0,4$	
Гемоглобин, г%	$8,7 \pm 0,7$	0,10	$9,0 \pm 2,2$	0,10
	$7,5 \pm 0,3$		$7,5 \pm 0,4$	

Показатели	Неполовозрелые		Половозрелые	
	$M \pm m$	P	$M \pm m$	P
Сыворотка крови				
белок, %	$\frac{4,5 \pm 0,4}{4,7 \pm 0,2}$	0,10	$\frac{4,8 \pm 1,1}{5,2 \pm 0,4}$	0,10
липиды, мг%	$\frac{1308 \pm 281}{620 \pm 535}$	0,002	$\frac{1437 \pm 750}{588 \pm 110}$	0,10
холестерин, мг%	$\frac{260 \pm 30,0}{275 \pm 18,7}$	0,10	$\frac{238 \pm 79,9}{222 \pm 27,3}$	0,10
Мышцы				
влага, %	$\frac{70,5 \pm 0,7}{72,1 \pm 0,7}$	0,10	$\frac{70,0 \pm 2,3}{70,5 \pm 1,4}$	0,10
ж и р, %	$\frac{23,9 \pm 2,7}{24,1 \pm 1,9}$	0,10	$\frac{28,8 \pm 5,5}{30,5 \pm 0,4}$	0,10
Число рыб	$\frac{10}{37}$		$\frac{6}{11}$	

Примечание. В дробях: числитель - январь, знаменатель - март.

Т а б л и ц а 4

Динамика некоторых физиолого-биохимических показателей осетра и севрюги за зимовку 1977/78 г.

Показатели	Неполовозрелые		Половозрелые	
	осетр	севрюга	осетр	севрюга
Длина, см	$\frac{102}{99}$	$\frac{103}{103}$	$\frac{112}{119}$	$\frac{128}{118}$
Вес, кг	$\frac{7,7}{1,1}$	$\frac{5,0}{5,1}$	$\frac{11,7}{14,7}$	$\frac{10,1}{8,1}$
Возраст, годы	$\frac{8,3}{8,0}$	$\frac{6,5}{6,7}$	$\frac{12,1}{12,9}$	$\frac{11,4}{11,0}$
Гемоглобин, г%	$\frac{7,7}{8,4}$	$\frac{8,1}{8,2}$	$\frac{8,2}{8,6}$	$\frac{7,9}{8,3}$
Сыворотка крови				
белок, %	$\frac{3,6}{4,4}$	$\frac{5,7}{4,6}$	$\frac{4,4}{4,9}$	$\frac{3,8}{4,6}$
липиды, мг%	$\frac{474}{1267}$	$\frac{646}{1362}$	$\frac{494}{1416}$	$\frac{670}{1367}$
холестерин, мг%	$\frac{104}{136}$	$\frac{167}{213}$	$\frac{122}{185}$	$\frac{150}{270}$

Показатели	Неполовозрелые		Половозрелые	
	осетр	севрюга	осетр	севрюга
Мышцы влага, %	$\frac{75,5}{76,3}$	$\frac{72,9}{74,8}$	$\frac{72,4}{74,1}$	$\frac{71,7}{72,7}$
	$\frac{12,7}{17,2}$	$\frac{19,3}{18,9}$	$\frac{20,3}{19,9}$	$\frac{25,5}{26,4}$
ж и р, %	$\frac{14}{27}$	$\frac{16}{29}$	$\frac{13}{24}$	$\frac{11}{19}$

Примечание. В дробях: числитель - декабрь 1977 г., знаменатель - март 1978 г.

Учитывая недостаточную изученность динамики физиолого-биохимических показателей осетровых в связи с изменениями температуры среды обитания, исследовали ее влияние на показатели обмена веществ и состояние крови с выделением биохимических компонентов, в той или иной степени участвующих в процессе адаптации организма к низким температурам. При этом анализировали содержание в сыворотке крови липидов, холестерина, фосфолипидов, глюкотеидов и истинной глюкозы. Пробы крови брали у осетра и севрюги промысловых размеров (более 100 см) с гонадами II и III стадий зрелости, отловленных в районе Казантипского залива в 1974, 1975 и 1977 г., т.е. в годы с разным гидрологическим режимом.

Проведенные исследования показали закономерные изменения биохимического состава сыворотки крови у рыб, выловленных при разной температуре (табл.5). Так, у осетра и севрюги при $-0,8^{\circ}\text{C}$ содержание глюкозы увеличилось на 190-200% и холестерина на 155% и достоверно (в 2-3 раза) снизилось содержание фосфолипидов - основных компонентов ферментативных систем, участвующих в энергетических процессах.

Учитывая антизамораживающие свойства глюкозы, повышение ее уровня в крови осетровых при пониженных температурах можно считать адаптивным механизмом в саморегуляции физиологических функций. Аналогичная направленность изменений в содержании холестерина в этих же условиях имеет, по-видимому, также адаптивное значение (Дорошева, 1976).

Исследовали также морфологический состав крови осетровых, отловленных при разных температурах воды, в теплую и холодную зимы (табл.6).

Т а б л и ц а 5

Некоторые биохимические показатели ($M \pm m$) сыворотки крови осетровых при разной температуре воды

Показатели	Температура воды, °C		
	16,3	3,2-3,5	-0,8
	Осетр		
Белок, %	5,20±0,37	4,50±0,10	3,90±0,20
Истинная глюкоза, мг%	67,0±13,7	119,0±10,0	208,8±26,0
Холестерин, мг%	74,0±8,3	105,0±17,5	189,0±28,0
Фосфолипиды, мг%	137,6±8,9	-	46,3±10,1
Число рыб	12	6	12
	Севрюга		
Белок, %	4,15±0,34	4,05±0,30	4,50±0,20
Истинная глюкоза, мг%	43,0±16,0	103,0±32,0	123,0±19,3
Холестерин, мг%	99,0±9,9	163,0±35,8	253,0±17,5
Фосфолипиды, мг%	111,7±15,3	-	51,2±11,9
Число рыб	10	8	17

Кровь для исследования брали у неполовозрелых особей осетра и севрюги промысловой длины (более 100 см), выловленных ставным неводом в теплую зиму 1974/75 г. в районе Казантипского залива, а также у рыб, выловленных на поверхности воды в январе 1977 г. и находящихся в состоянии холодового шока.

Морфологический состав крови рыб, выловленных в разном физиологическом состоянии, существенно различался и по количеству форменных элементов, и по их качеству (табл.7). Количество лейкоцитов в крови у рыб, находившихся в шоковом состоянии, было в 6-10 раз меньше, чем у живых. Различалась и лейкоцитарная формула крови: у погибающих рыб было больше, чем у живых, лимфоцитов и моноцитов и меньше полиморфноядерных лейкоцитов и эозинофилов.

Содержание гемоглобина в крови рыб, находившихся в состоянии шока, оказалось несколько повышенным, у них же в крови обнаружено значительное количество безъядерных различного размера эритроцитов при практически полном отсутствии незрелых клеток (см.табл.6).

Т а б л и ц а 6

Морфологический состав крови осетровых в период зимовки

Показатели	Г о д ы			
	1974/75	1976/77	1974/75	1976/77
	Осетр		Севрюга	
Температура воды, °С	+7	-0,8	+7	-0,8
Число лейкоцитов в поле зрения	3,3	0,5	4,3	0,3
Число эритроцитов				
незрелых	6	0	10	0
безъядерных	4	11	4	10
Состав лейкоцитов, %				
лимфоциты	$\frac{50}{30-82}$	$\frac{63}{53-75}$	$\frac{38}{36-39}$	$\frac{63}{46-78}$
моноциты	$\frac{1,5}{1-2}$	$\frac{2,3}{2-3}$	$\frac{3,6}{4-8}$	$\frac{4,5}{1-8}$
полиморфно-ядерные	$\frac{29}{11-43}$	$\frac{20}{15-27}$	$\frac{48}{34-53}$	$\frac{28}{18-42}$
эозинофилы	$\frac{20}{5-34}$	$\frac{15}{8-22}$	$\frac{20}{4-22}$	$\frac{6,5}{3-12}$
Сумма отрицательных температур, градусодни	85	390	85	390
Число рыб	16	6	15	5

Примечание. В дробях: числитель - средние показатели, знаменатель - пределы колебаний.

Приведенные данные о соотношении форменных элементов крови погибающих осетровых свидетельствуют о типичных для стрессовых ситуаций реакциях организма.

Изменения физиолого-биохимических показателей осетровых в условиях искусственного охлаждения

Для проверки результатов наблюдений за физиологическим состоянием осетровых рыб в естественных условиях обитания был поставлен эксперимент по воздействию на этих рыб низких температур воды.

Рыбу для опытов заготавливали на тоне "Куликовская балка" при температуре воды 8-9°C, помещали в чаны с морской водой (соленость 13-14‰) и доставляли автомашиной. После транспортировки рыб выдерживали при температуре 8°C, после чего

помещали в камеру с регулируемой скоростью и уровнем охлаждения. Изменение физиолого-биохимических показателей осетровых определяли в условиях быстрого и медленного охлаждения воды до отрицательных температур. Опыт ставили в трех вариантах: воду охлаждали со скоростью 0,3; 0,6 и 1,7⁰С/ч. Контролем служили рыбы того же размера и веса, выловленные в море в конце ноября и начале декабря при температуре 8-9⁰С. В каждый вариант опыта (и в контроль) брали по три рыбы (см.табл.7).

Т а б л и ц а 7

Динамика физиолого-биохимических показателей крови осетровых при воздействии низких температур

Показатели	Скорость охлаждения, ⁰ С/ч			Конт-роль	Скорость охлаждения, ⁰ С/ч			Конт-роль
	0,3	0,6	1,7		0,3	0,6	1,7	
	Осетр				Севрюга			
Длина, см	119	132	128	125	106	120	107	114
Вес, кг	14,5	19,1	14,6	15,5	5,2	8,4	5,8	7,2
Возраст, годы	11,7	11,6	14,0	12	5,3	9,7	7,7	7,1
Гемоглобин, г%	9,9	10,4	9,9	9,1	7,9	9,6	9,6	7,8
Сыворотка крови								
белок, %	5,95	6,2	5,04	4,71	3,87	4,96	4,38	3,09
липиды, мг%	689	806	559	487	583	468	115	301
холестерин, мг%	278,6	178	151	158	258	116	189	133
фосфолипиды, мг%	73,8	63,2	39,6	62,5	40,0	56,3	56,3	47,5
истинная глюкоза, мг%	141,7	61,0	141,0	128,3	114,0	115,0	122,0	127,0
глюкопротеиды, мг%	324,7	371,0	317,0	261,7	289,0	312,0	253,0	252,0

При медленном снижении температуры воды - на 0,3⁰С/ч - в диапазоне 5,6-3,8⁰С (I вариант опыта) рыбы через 8 ч. впадали в состояние анабиоза. Уже при температуре 3,6⁰С в сыворотке крови этих рыб по сравнению с контрольными возрастало содержание холестерина, белка, истинной глюкозы и общих глюкотеи-

дов (см.табл.7). Гистологические исследования функционального состояния желез внутренней секреции выявили усиление функциональной активности интерренальной ткани по сравнению с контролем. Цитоплазма клеток характеризовалась разной степенью вакуолизации. Диаметр ядер клеток в опыте составлял 9,17 мкм, в контроле - 7,8 мкм; число клеток на стандартную площадь в опыте - 33,4, в контроле - 31,0. Геперемия железистой ткани в опыте была ярко выражена в контроле - незначительно. Повышение функциональной активности интерренальной ткани свидетельствует о значительном усилении стероидпродуцирующей функции надпочечников и выделении стероидных гормонов в кровь.

Известно, что имеются типы гликопротеидных молекул, единственная функция которых состоит в понижении точки замерзания биологической жидкости (Хочачка, Сомеро, 1977). Можно полагать, что увеличение этих биохимических компонентов в крови в какой-то мере способствует снижению точки замерзания крови и поэтому является адаптивным механизмом в организме рыб.

Более быстрое снижение температуры воды - на $0,6^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ - и выдерживание рыб в течение 18 ч при отрицательных температурах (минус $0,8-1,0^{\circ}\text{C}$) приводило к летальному исходу (II вариант опыта). У только что уснувших рыб в сыворотке крови снижался уровень истинной глюкозы (у осетра) и холестерина (у севрюги). Содержание гликопротеидов у подопытных рыб обоих видов резко увеличивалось. Состояние интерренальной ткани характеризовалось признаками истощения функциональной активности.

Резкое снижение температуры воды с $5,2$ до $-0,8^{\circ}\text{C}$ со скоростью $1,7^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ (III вариант опыта) приводило рыб в состояние анабиоза, При температуре $-0,8^{\circ}$ в сыворотке крови наблюдались некоторые изменения, хотя и менее заметные, чем в первом варианте опыта. В интерренальной ткани особых изменений по сравнению с контролем не обнаружено.

Опыты показали, что при постепенном охлаждении в организме рыб происходит перестройка обменных процессов, сопровождающаяся усилением функциональной активности желез внутренней секреции, что позволяет организму адаптироваться к низким температурам. При резком и длительном охлаждении ресурсы организма рыб быстро истощаются, уровень глюкозы и холестерина в крови снижается, а повышенная концентрация гликопротеидов не может обеспечить постоянство внутренней среды организма, в свя-

зи с чем рыбы погибают. Железы внутренней секреции при этом обнаруживают дистрофическое состояние.

Таким образом, способность рыб адаптироваться к низким температурам зависит от скорости и длительности охлаждения. Длительное охлаждение даже в пределах адаптивного диапазона температур может повлечь за собой гибель рыб.

В а к л ю ч е н и е

В последнее десятилетие, несмотря на некоторое увеличение численности азовских осетровых (благодаря промышленному разведению осетра), состояние нерестовой части их популяций несколько ухудшилось. Участились случаи гибели рыб на местах зимовки. Эколого-физиологические исследования показали, что гибель осетровых происходит в результате длительного переохлаждения и связана с изменением режима и продуктивности Азовского моря. С одной стороны, ухудшились условия нагула осетровых, а следовательно, и подготовленность их к зимовке. С другой стороны, в связи с осолонением моря точка замерзания воды снизилась до уровня, близкого к критическому для осетровых.

При резком охлаждении воды до $-0,8^{\circ}\text{C}$ и длительном сохранении такой температуры гибель осетровых возможна и впредь. Во избежание этого необходимо оптимизировать режим Азовского моря и в первую очередь снизить его соленость.

Л и т е р а т у р а

Б р о н ф м а н А.М. Основные тенденции современного развития экосистемы Азовского моря и возможные пути ее реконструкции. - Вопросы биогеографии Азовского моря и его бассейна. Л., 1977, с.67-80.

В о р о в и ч И.И. и др. Проблема управления экосистемой Азовского моря. Опыт имитационного моделирования. - Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы, 1977, № 2, с.3-7. Авт.: Ворович И.И., Бронфман А.М., Воловик С.П., Макаров Э.В.

Д о р о ш е в а Н.Г. Влияние температуры на некоторые показатели обмена у азовских осетровых. - Эколого-физиологические исследования в природе и эксперименте (тезисы докладов). Фрунзе, 1977, с.199-200.

Зубов Н.Н. Океанологические таблицы. Л., 1957, 405 с.
Савчук М.Я. Питание осетровых рыб при современном
режиме Азовского моря. - Труды ВНИРО, 1975, т.109,
с.159-164.

Хочачка П., Сомеро Дж. Стратегия биохимической
адаптации, М., "Мир", 1977, 398 с.

The state of sturgeon populations under ecological transformations of the Azov Sea

Volovik S.P., Badenko L.V.,
Dorosheva N.G., Kuropatkin A.P.,
Shchigelskaya V.P.

S u m m a r y

Although the abundance of the Azov sturgeon has recovered in the recent decade owing to artificial reproduction the state of the population has deteriorated. The natural mortality rate has become higher on the wintering grounds. The ecologo-physiological investigations indicate that this is the result of sub-cooling due to changes in the regime and productivity of the Azov Sea. On one hand the feeding conditions have become worse and consequently the species are not so well prepared to wintering, and on the other hand due to some increase in the salinity in the sea the freezing point of water has lowered nearly to the critical level for sturgeon. When the water is suddenly cooled to -0.8°C and the temperature remains unchanged for a long time the natural mortality is expected to be high. So it is necessary that the regime of the Azov Sea should be optimized and salinity lowered.