

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ИСТОЩЕНИЯ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2018 А.К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти (Россия)

Поступила 21.02.2018

Среди факторов, определяющих современные качественные и количественные показатели ихтиофауны Саратовского водохранилища, особое значение приобретает морфофизиологическое состояние отдельных особей и популяций массовых видов рыб. На протяжении всего периода исследования 1995-2014 гг. наблюдается как стабильно высокая встречаемость молоди рыб с разнообразными морфологическими аномалиями, так и неуклонное увеличение доли половозрелых особей в популяциях массовых видов рыб с нарушениями гематологических и гистологических параметров, что является одной из причин деградации ихтиофауны.

Ключевые слова. Массовые виды рыб, морфологические аномалии, гематопатологии, гистопатологии, деградация ихтиофауны.

Mineev A.K. Condition morphophysiological of mass species of fish as one of factors of exhaustion of fish stocks of the Saratov reservoir. - Among the factors defining modern quality and quantitative indices of a fish fauna of the Saratov reservoir, the morphophysiological condition of separate individuals and populations of mass species of fish is of particular importance. Throughout the entire period of research of 1995-2014 it is observed as steadily high occurrence thresh fishes with various morphological anomalies, and steady increase in a share the reproductive of individuals in populations of mass species of fish with violations of hematologic and histologic parameters that is one of the reasons of degradation of a fish fauna.

Key words. Mass species of fish, anomalies morphological, hematologic pathologies, histopathologies, degradation of a fish fauna.

Зарегулирование Волги и создание системы водохранилищ неизбежно привело к значительному преобразованию экосистемы исходного водотока, что не могло не отразиться на состоянии популяций рыб. Изменения, продолжающиеся и в настоящее время, не ограничились изменением видового состава ихтиофауны Саратовского водохранилища (исчезнове-

ние хозяйственно ценных проходных видов рыб и вселение так называемых «сорных видов»), но и выражаются в изменении ее количественных и качественных показателей.

Саратовское водохранилище относится к водохранилищам речного типа. Оно имеет объем при нормальном подпорном горизонте (НПГ) 12,9 км³, длину распространения подпора от плотины 157 км, наибольшую ширину 25 км. Качество воду водохранилища формируется под влиянием транзитного переноса загрязняющих веществ из Куйбышевского водохранилища и сброса сточных вод крупных предприятий, городских очистных сооружений, поверхностного стока с сельхозугодий, а также ливневых стоков городских территорий (Государственный доклад..., 2012).

Минеев Александр Константинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, mineev7676@mail.ru

Статья представлена на всероссийскую научно-практическую конференцию «Эколого-экономическое районирование: принципы и методы», посвященную 80-летию со дня рождения профессора Ф.Н. Рянского (Тольятти, 1-3 августа, 2018 г.).

Во время наших исследований, как и на протяжении последних десятилетий, Саратовское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку. Так, основной сброс сточных вод от природопользователей Самарской области производится в этот водоем. Только в 1989 г. в Саратовское водохранилище поступило 157 тысяч условных тонн загрязняющих веществ. Из них большая доля приходилась на азот аммонийный – 5,5 тыс. т/год и нефтепродукты – 950 т/г; взвешенные вещества – 280 т/г; ртуть – 113 т/г; фенолы – 10,02 т/г; фосфор – 60,7 т/г (Червякова, 1994). В последние годы качество воды Саратовского водохранилища не претерпело значительных изменений, и она в среднем характеризуется как «умеренно загрязненная» 3 класса качества (Государственный доклад..., 2001, 2009, 2012). Сложившаяся экологическая ситуация носит хронический характер, вследствие чего на популяции гидробионтов оказывается постоянный пресс негативных абиотических факторов, что

не может не отразиться отрицательно на качественном и количественном состоянии этих популяций.

Наряду с неконтролируемым промыслом (траловым промышленным, любительским и браконьерским ловом), несоблюдением уровня режима в период нереста и раннего личиночного развития молоди рыб, комплексным воздействием различных видов загрязнений, значительное ухудшение морфофизиологического состояния массовых видов рыб на разных уровнях организации также является одним из основных факторов снижения численных показателей и качественного состояния ихтиофауны Саратовского водохранилища.

Так, по данным Саратовского отделения ГосНИОРХ (Отчет Саратовского..., 2012), за последние десятилетия на Саратовском водохранилище произошло снижение более чем в 2,5 раза уловов наиболее массовых промысловых видов волжских рыб – судака и леща, соответственно их численности (рис. 1).

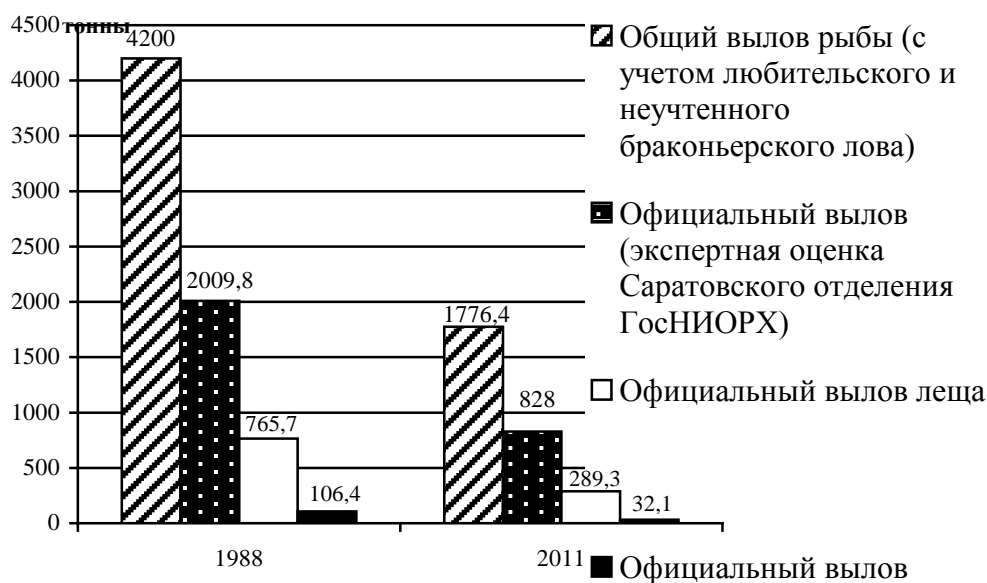


Рис. 1. Динамика вылова рыбы из Саратовского водохранилища (1988–2011 гг.)

Наблюдается также ухудшение качественных показателей видов рыб, составляющих основу ихтиофауны водохранилища, в том числе – отмечено снижение качества морфофизиологических параметров отдельных особей и популяций в целом.

В Саратовском водохранилище на протяжении периода исследования (1995-2014 гг.) одинаковые морфологические аномалии обнаруживаются у молоди рыб разных видов, так же как и аналогичные патологии внутренних органов и тканей фиксируются у взрослых особей незави-

симо от их видовой принадлежности. При этом встречаемость таких особей зачастую составляет основу изучаемых популяций рыб.

Основная часть обнаруженных нами морфофизиологических нарушений носят необратимый характер, то есть в большинстве случаев приводят к элиминации особей. К таким нарушениям относятся практически все морфологические аномалии, обнаруженные у молоди рыб Саратовского водохранилища, а также гистопатологии внутренних органов (жабр, печени, гонад и миокарда), патологии эритроцитов и некоторые

крайние патологические проявления нарушений основных гематологических параметров.

В силу того, что эмбриональные и личиночные стадии развития молоди рыб являются очень чувствительными к воздействию даже незначительных сублетальных концентраций токсикантов (Hylland et al., 2003), адаптационные процессы с течением времени стремительно преобразуются в патологические, что вызывает различные нарушения морфологии и гибель особей. Быстрота данных реакций объясняется еще и повышенной скоростью естественных биохимических обменных процессов в организмах на ранних стадиях эмбрионального и личиночного развития. В итоге, подавляющее большинство молоди рыб с нарушениями внешней морфологии элиминирует уже на ранних стадиях личиночного и малькового развития (рис. 2), что не может не отразиться отрицательно на качестве пополнения популяций рыб, составляющих основу ихтиофауны Саратовского водохранилища.

Наличие морфологических аномалий у молоди рыб является прямым последствием негативного воздействия неблагоприятных факторов (в первую очередь - загрязнений) на отдельных

особей в период эмбриогенеза и личиночного развития. Чем интенсивнее и длительнее подобное воздействие, тем чаще встречаемость особей с морфологическими аномалиями среди личинок и мальков рыб и тем разнообразнее обнаруживаемые нарушения морфологии. В условиях незарегулированной р. Волга и отсутствия такого уровня антропогенного воздействия как в последние годы встречаемость молоди рыб с морфологическими аномалиями не превышала 5% (Кирпичников, 1987). Это доказано исследованиями В.С. Кирпичникова (1987), произведенными на молоди рыб из водоемов Волго-Ахтубинской поймы в 1937 г. На основании полученных результатов величину встречаемости аномальных особей в популяциях не превышающую 5,0% принято считать условной нормой для естественных природных водоемов.

Согласно нашим данным, в Саратовском водохранилище и в большинстве его исследованных притоков порог условной нормы по встречаемости аномальной молоди в пробах был многократно превышен на протяжении всего периода исследований (табл.1).

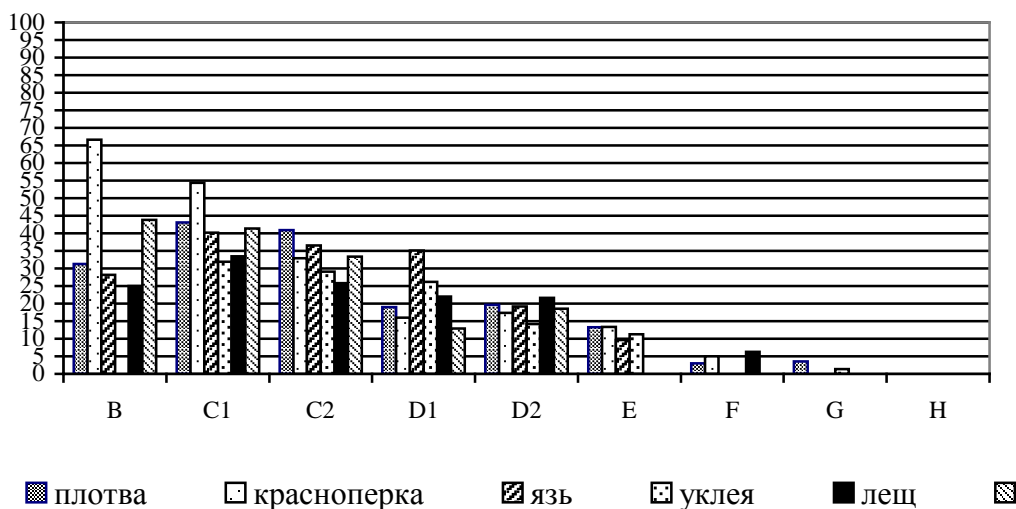


Рис. 2. Встречаемость аномальных особей среди шести массовых видов рыб Саратовского водохранилища на разных стадиях личиночного и малькового развития (%).

В притоках Саратовского водохранилища первого порядка, какими являются реки Самара, Чапаевка и Сок, количество аномальных личинок в пробах было значительно ниже, чем в конечном водоеме водосбора (31,3%), и составило за весь период исследования 7,5%, 18,5% и 26,3% соответственно.

В притоках Саратовского водохранилища второго порядка: р. Съезжая, Большой Кинель и

Кондурча, доля молоди рыб с нарушениями внешней морфологии в пробах еще ниже, чем в притоках первого порядка и конечном водоеме водосбора. В р. Большой Кинель и р. Кондурча общая встречаемость аномальных особей не превышает условной нормы и составляет 1,8% и 3,8% соответственно. В р. Съезжая число рыб с морфологическими аномалиями незначительно превышает значение условной нормы – 6,7%.

Таким образом, с повышением уровня загрязнения водного объекта повышается и доля аномальных особей в популяциях. Наибольший процент таких особей зафиксирован в Саратовском водохранилище, на протяжении всего пери-

ода исследования треть всех обследованных личинок и мальков рыб имели разнообразные нарушения морфологии, что превышает условную норму для благополучных природных популяций в 6-7 раз.

Таблица 1. Встречаемость молоди рыб с нарушениями морфологии в Саратовском водохранилище и его притоках

Водный объект	Период исследования	Встречаемость аномальных особей, %
Саратовское водохранилище	1995-2013 гг.	31,3±0,31
Притоки Саратовского водохранилища		
р. Самара	2012, 2013 гг.	7,5±0,66
р. Съезжая	2013 г.	6,7±0,56
р. Большой Кинель	2012 г.	1,8±0,63
р. Кондурча	2013 г.	3,8±1,31
р. Сок	1996, 1997, 2007, 2009, 2010 гг.	26,3±1,17
р. Чапаевка	1995, 2009, 2013, 2014 гг.	18,5±1,65

За весь период исследования на основных нерестилищах Саратовского водохранилища была обнаружена молодь шестнадцати видов рыб, а на предмет нарушений внешней морфологии было обследовано 23027 особей. Однако численность молоди разных видов рыб в Саратовском водохранилище имеет существенные различия (табл. 2), объясняемые как экологическими осо-

бенностями каждого вида (предпочтение гидрологического режима, кормовой базы, сроков и условий нереста, исходной численностью вида в водоеме и т.д.). При этом встречаемость аномальных особей среди молоди разных видов рыб практически не зависит от видовой принадлежности, тогда как находится в прямой зависимости от уровня загрязнения водоема.

Таблица 2. Встречаемость аномальных особей среди разных видов рыб Саратовского водохранилища за весь период исследования (1995-2013 гг.)

Вид рыб	Общее число особей, экз.	N ^a экз.	Доля аномальных особей, %
1	2	3	4
Плотва <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	10519	3472	33,0±0,46
Язь <i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	3854	1305	33,9±0,76
Красноперка <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	2417	668	27,6±0,91
Густера <i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	2390	918	38,4±0,99
Уклейка <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	1900	445	23,4±0,97
Лещ <i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	1019	271	26,6±1,38
Жерех <i>Aspius aspius</i> (Linnaeus, 1758)	169	21	12,4±2,55
Верховка <i>Leucaspis delineates</i> (Heskel, 1843)	128	9	7,0±2,27
Елец <i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	104	21	20,2±3,96
Линь <i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	100	3	3,0±1,71
Карась золотой <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	91	4	4,4±2,16
Окунь <i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	173	48	27,7±3,41

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Синец <i>Abramis ballerus</i> (Linnaeus, 1758)	50	10	20,0±5,71
Бычок-цуцик <i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas, 1814)	46	0	0,0
Горчак <i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1782)	43	9	20,9±6,28
Карась серебряный <i>Carassius auratus</i> (Bloch, 1782)	24	1	4,2±4,17
Общие показатели	23027	7205	31,3±0,31

Примечание: N^a – число аномальных особей по виду; плотва – наиболее массовые аборигенные виды рыб.

В водоеме с определенным уровнем загрязнения, встречаемость аномальных личинок и мальков рыб примерно одинакова среди представителей наиболее массовых видов, несмотря на естественную различающуюся чувствительность разных видов к воздействиям неблагоприятных факторов среды. Так среди молоди видов карповых рыб разных экологических групп: эврифагов – плотва, красноперка и язь, бентофагов – лещ и густера, планктофага уклейки, являющихся самыми массовыми видами рыб Саратовского водохранилища за все время исследования, встречаемость аномальных особей различается незначительно (табл. 2). Данный показатель варьирует в пределах от 23,4% у планктофага уклейки до 38,4% среди бентофага густеры. Среди окуня, который является наиболее массовым аборигенным хищником Саратовского водохранилища, встречаемость аномальной молоди за весь период исследования соответствует 27,4%, что также сопоставимо с данным показателем у карповых рыб. Для остальных видов рыб, представленных в таблице 2, общая встречаемость, как в отдельные годы, так и за весь период исследования являлась мало репрезентативной, вследствие чего показатели по встречаемости аномальных особей являются малоинформативными.

Различия по встречаемости аномальных особей среди разных видов рыб в пределах одного водоема объясняется встречаемостью в отдельных пробах, как правило, личинок и мальков рыб, находящихся на разных стадиях личиночного развития. Это происходит в силу того, что каждый вид рыб, изучаемый нами, имеет свои, отличающиеся от других видов, сроки нереста, зависящие от температуры воды, скорости течения, освещенности и т.д. В результате, нерест каждого вида рыб на одном нерестилище происходит с определенной разницей во времени, соответственно, стадии эмбрионально-личиночного развития протекают у каждого вида в разные сроки. Таким образом, в одной пробе

оказываются представители разных видов рыб находящиеся на различающихся стадиях личиночного и малькового развития.

Тем не менее, высокая доля аномальных особей среди шести наиболее массовых видов рыб Саратовского водохранилища, которые неизбежно элиминируют к поздним мальковым стадиям – F и G (как показано на рис. 2), свидетельствует о значительных потенциальных потерях в количественных показателях ихтиофауны водоема.

В результате, до половозрелого состояния доживают лишь единичные экземпляры с нарушениями внешней морфологии, но морфологические аномалии у таких рыб, как правило, не летальны и существенно не снижают их жизнеспособность, а доля таких особей в ихтиофауне Саратовского водохранилища не превышает 0,6±0,09% (Минеев, 2012). Из-за единичной встречаемости таких особей особое значение приобретают исследования морфофизиологических – гематологических и гистологических показателей, которые эффективно отражают общее состояние ихтиофауны Саратовского водохранилища при хроническом отрицательном воздействии комплекса антропогенных факторов. Негативное изменение данных параметров у массовых видов рыб также является одним из основных факторов деградации ихтиофауны исследуемого водоема, а именно снижения ее общей численности и ухудшения качественных показателей.

В условиях Саратовского водохранилища, где уровень комплексного негативного воздействия достаточно высок, среди исследованных видов рыб велика доля особей, в кровяном русле которых содержатся эритроциты с различными типами патологий. Среди всех 2309 экземпляров разных видов из Саратовского водохранилища, изученных за весь период исследования, доля особей без аберрантных форм эритроцитов в красной крови, то есть здоровых по данному признаку, составила всего 22,9% (табл. 3).

Основу популяций как среди аборигенных, так и среди видов вселенцев составили особи, в крови которых обнаруживался какой-либо единственный тип патологии эритроцита – 35,1%, либо два и более типа патологий эритроцитов – 42,1%. Наименьшее количество здоровых особей зафик-

сировано в популяции бычка-цуцика Саратовского водохранилища (11,1%), среди рыб данного вида отмечено и самая высокая доля особей с двумя и более патологиями эритроцитов (50,8%) (табл. 3).

Таблица 3. Встречаемость половозрелых особей с различным количеством патологий эритроцитов в кровяном русле среди разных видов рыб Саратовского водохранилища

Вид рыб	Число особей, экз.	Доля рыб без патологий эритроцитов, %	Доля рыб с патологиями эритроцитов, %	
			Особь с единственным типом патологии в кровяном русле	Особь с двумя и более типами патологий в кровяном русле
Плотва	423	26,9±2,16	33,8±2,30	39,2±2,38
Лещ	294	20,4±2,35	42,9±2,89	36,7±2,82
Густера	224	20,1±2,68	36,6±3,23	43,3±3,32
Уклея	307	20,2±2,29	40,4±2,81	39,4±2,79
Окунь	278	24,8±2,59	34,2±2,85	41,0±2,95
Щука	74	27,0±5,20	35,1±5,59	37,8±5,68
Ротан-головешка	250	16,4±2,35	37,2±3,06	46,4±3,16
Бычок-кругляк	282	26,6±2,64	24,8±2,58	48,6±2,98
Бычок-головач	114	30,7±4,34	23,7±4,00	45,6±4,69
Бычок-цуцик	63	11,1±3,99	38,1±6,17	50,8±6,35
Общие данные по водохранилищу	2309	22,9±0,76	35,1±0,99	42,1±1,03

Среди всех обследованных видов рыб велика также доля особей с нарушениями основных гематологических параметров. Так среди плотвы Саратовского водохранилища доля рыб с отклонениями в интенсивности процесса гемопоэза (85,3±1,72% особей), соотношении клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови (54,6±2,42% рыб), соотношении основных форм лейкоцитов (71,9±2,19% экземпляров), составляет основу популяции, как и среди других массовых видов рыб.

Если состояние гематологических показателей и наличие патологий компонентов крови отражают состояние здоровья особи непосред-

ственно в момент вылова и отбора крови, то наличие гистологических патологий в тканях внутренних органов свидетельствуют о хроническом характере негативных воздействий на отдельную особь и популяцию в целом. Гистопатологические изменения являются интегральным результатом разнообразных биохимических и физиологических изменений в организме (Heath, 2002; Lawrens et all., 2003).

В экологических условиях Саратовского водохранилища и его притоков у разных видов рыб нами зафиксировано 56 типов патологий внутренних органов: 21 тип патологий жабр, 11 – печени, 17 – гонад и 7 – миокарда.

Таблица 4. Встречаемость особей с гистологическими патологиями внутренних органов среди обследованных видов рыб из Саратовского водохранилища

Виды рыб	N, экз.	N ³ , %	Встречаемость рыб с патологиями внутренних органов, %			
			жабры	печень	гонады	миокард
Плотва	86	26,7±4,80	58,1±5,35	31,4±5,03	18,6±4,22	13,9±3,76
Лещ	88	9,1±3,08	82,9±4,03	39,8±5,25	21,6±4,41	15,9±3,92
Окунь	63	11,1±3,99	66,7±5,99	33,3±5,99	25,4±5,53	22,2±5,28
Бычок-кругляк	97	19,6±4,05	68,0±4,76	43,3±5,06	36,1±4,90	16,5±3,79
Бычок-головач	89	5,6±2,46	88,8±3,37	48,3±5,33	40,5±5,23	16,9±3,99
Бычок-цуцик	61	6,6±3,19	93,4±3,20	88,5±4,12	26,2±5,68	11,5±4,12
Ротан-головешка	112	9,8±2,82	77,7±3,95	40,2±4,65	36,6±4,57	13,4±3,23

Примечание: N – общее число обследованных особей каждого вида, N³ – доля здоровых особей среди каждого вида.

Гистологическое исследование внутренних органов показало, что большинство обследованных рыб имеет гистологические патологии более чем в

одном органе, а в исследованных водохранилищах встречаемость особей без гистопатологий жабр, печени, гонад и миокарда значительно ниже, чем

среди рыб их притоков различного порядка. Так, среди плотвы Саратовского водохранилища доля плотвы без гистопатологий внутренних органов составила всего 26,7%. Среди представителей других видов рыб встречаемость особей без патологий внутренних органов еще ниже, их доля варьирует от 5,62% у бычка-головача до 19,59% среди бычка-кругляка (табл. 4). Таким образом, популяции массовых видов рыб Саратовского водохранилища подвержены сильному прессу неблагоприятных воздействий окружающей среды, среди которых уровень комплексного антропогенного загрязнения является определяющим. Об этом свидетельствуют различные морфофизиологические нарушения, имеющие, в основном, необратимый характер и обнаруживаемые у значительного количества половозрелых особей: разнообразные типы патологий клеток крови, нарушения гемато-

логических параметров и гистопатологические нарушения тканей некоторых внутренних органов.

Результаты многолетних исследований морфофизиологического состояния рыб Саратовского водохранилища позволяют констатировать, что представители ихтиофауны длительное время испытывает хроническое воздействие комплекса антропогенных факторов (в том числе – различного рода загрязнений), что отрицательно отразилось на качественных характеристиках их популяций. Об этом свидетельствует низкая встречаемость здоровых особей среди обследованных рыб. При сохранении подобного уровня негативного воздействия, вполне вероятно не только продолжающееся ухудшение качественных показателей всех массовых видов рыб Саратовского водохранилища, но и дальнейшее снижение их численности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 2000 году. Вып. 11. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области / Под ред. О.Л. Носковой. Самара: Ком. по охране окружающей среды Самарск. обл., 2001. 193 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Вып. 22. // Под ред. Т.Н. Сафровой, А.П. Ардакова, И.В. Бардиновой и др. Самара: Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской обл.: изд-во «ДОМ». 2012. С. 71-72.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. Вып. 19. / Под ред. Ю.С. Астахова, А.Е. Губернаторова, В.Н. Довбыш и др. Самара: Министерство природопользования, лесного хозяйства и окружающей среды Самарской обл., 2009. 344 с.

Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Второе издание. Л.: Наука. 1987. 520 с.

Минеев А.К. Морфологические аномалии у рыб

Саратовского водохранилища // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 54-60.

Отчет Саратовского отделения ФГБНУ ГосНИОРХ. Материалы, обосновывающие общий допустимый улов (ОДУ) водных биологических ресурсов на Саратовском водохранилище на 2013 год. Саратов: ГосНИОРХ; 2012.

Червякова Н.Г., Фёдорова З.А. Использование водных ресурсов // Тез. совещ. «Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз». 1994. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 198.

Hylland K., Feist S., Tain J., Forlin L. Molecular/cellular processes and health of individual // Effects of Pollution on Fish / Ed. A.J. Lawrence, K.L. Hemingway. N.Y.: Blackwell Sci., 2003. P. 134-166.

Heath A.G. Water Pollution and Fish Physiology. L.: Lewis Publ., 2002. 506 p.

Lawrens A.J., Arukwe A., Moor M. et al. Molecular/cellular processes and the physiological response to pollution // Effects of Pollution on Fish / Ed. A.J. Lawrens, K.L. Hemingway. N.Y.: Blackwell Sci., 2003. P. 83-133.