

УДК 639.2.052.2:639.3(476.1)

*В. Г. КОСТОУСОВ<sup>1</sup>, Б. В. АДАМОВИЧ<sup>2</sup>, Т. В. ЖУКОВА<sup>2</sup>, И. Н. СЕЛИВОНЧИК<sup>1</sup>*

## **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РЫБОВОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗЕРА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕДЕНИЯ РЫБОЛОВНОГО ХОЗЯЙСТВА**

*<sup>1</sup>Институт рыбного хозяйства, Минск, Беларусь, e-mail: belniirh@tut.by*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: belaqalab@gmail.com*

Изучен суммарный эффект от рыбоводных мероприятий на среду обитания и общее состояние ихтиофауны озера Б. Швакшты. Проведен анализ степени воздействия методов пастбищного рыбоводства на эффективность ведения рыболовного хозяйства. Изучены влияние зарыбления растительноядными и хищными видами рыб и структурная перестройка на всех продукционных уровнях экосистемы анализируемого водоема.

*Ключевые слова:* озеро, экосистема, ихтиофауна, пастбищное рыбоводство, экономическая эффективность.

*V. G. KOSTOUSOV<sup>1</sup>, B. V. ADAMOVICH<sup>2</sup>, T. V. ZHUKOVA<sup>2</sup>, I. N. SELIVONCHIK<sup>1</sup>*

## **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF FISH ACTIVITIES ON THE LAKE ECOSYSTEM AND EFFICIENCY OF FISHERIES**

*<sup>1</sup>The Institute of Fishery, Minsk, Belarus, e-mail: belniirh@tut.by*

*<sup>2</sup>Belorussian State University, Minsk, Belarus, e-mail: belaqalab@gmail.com*

The cumulative effect of fish activities on the habitat and state of fish fauna of the lake B. Shvakshty is studied. Conducted is the analysis of the influence of the methods of culture-based fishery on the efficiency of fishery. The influence of stocking with herbivorous and carnivorous fishes and structural changes of the ecosystem at all production levels are studied.

*Keywords:* lake, ecosystem, fish fauna, culture-based fishery, economic efficiency.

Вселение нагуливающих видов рыб прудового комплекса является одним из действенных методов повышения эффективности ведения рыболовного хозяйства на естественных водоемах. В зависимости от целей, которые ставятся при выборе направлений, эффект достигается либо через коренную реконструкцию имеющейся ихтиофауны (что достаточно трудоемко), либо через ее обогащение хозяйственно значимыми видами за счет вовлечения имеющихся ресурсов кормовой базы. В условиях озер Беларуси аборигенной ихтиофауной, как правило, наиболее полно используются ресурсы зообентоса, в меньшей степени зоопланктона, а мало используемый резерв кормов представлен преимущественно сестоном и биомассой макрофитной растительности. По этой причине при ведении рыболовного хозяйства с применением элементов пастбищного рыбоводства без предварительного снижения численности аборигенных видов лучшие результаты достигаются при использовании растительноядных рыб, практически не конкурирующих с аборигенами за корма.

Цель работы – анализ степени воздействия методов пастбищного рыбоводства (через влияние на экосистему и рыбное население макрофитного озера) на эффективность ведения рыболовного хозяйства.

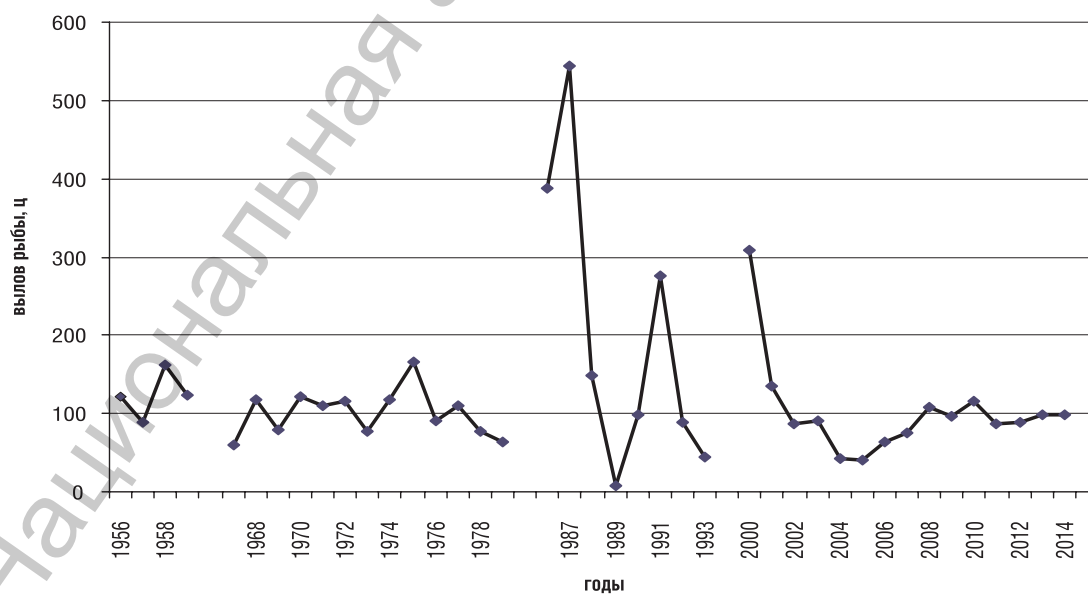
При характеристике экосистемы озера использованы данные натурных съемок 2014–2015 гг., а также материалы прежних лет наблюдений и литературные источники. Характеристики уловов и состояния рыбных ресурсов приведены на основании анализов промысловых и контрольных уловов, промысловой статистики и материалов прошлых лет наблюдений. Анализируемое озеро – Большие Швакшты, площадь водного зеркала – 956 га, расположено на территории национального парка «Нарочанский» и используется для организации промыслового и платного любительского лова. До начала проведения интенсивных рыбоводных мероприятий озеро характеризовалось как неглубокий, слабо эвтрофный, зарастающий водоем. До 80 % площади зарастания занимали по-

грузенные формы макрофитов (хара, рдесты, элодея и т. п.) [1]. Рыбное население водоема представлено комплексом аборигенных видов, свойственных большинству водоемов Белорусского Поозерья, а также хозяйственно важными вселенцами. По составу ихтиофауны оз. Б. Швакшты ранее характеризовалось как плотвично-окуневое [2–4]. С 2003 по 2008 г. в целях роста рыбопродуктивности и повышения привлекательности для рыболовов-любителей в оз. Б. Швакшты произведены посадки щуки, угря, карпа, белого амура, пестрого толстолобика. Всего за указанный период в озеро посажено 130,55 тыс. годовиков и двухлеток/двухгодовиков нагуливающих рыб (без учета угря), что составило 137 экз/га, из них доля белого амура составила 58,5 %, щуки – 15,9 %.

Уже к концу 2008 г. выявлены кардинальные изменения экологической ситуации в озере под воздействием растительных рыб, которые проявились в изменении трофического статуса – озеро практически превратилось в гипертрофный водоем [5]. Зарастаемость озера погруженными макрофитами сократилась в 4 раза (практически до пояса жесткой надводной растительности). В соответствии с концепцией альтернативного устойчивого функционирования озерных экосистем [6–8], показатели качества воды, такие как прозрачность, при присутствии в озере макрофитов изменяются гораздо медленнее, чем при их отсутствии [9–12]. Прозрачность воды уменьшилась с 2,0 до 0,45 м. Содержание хлорофилла возросло на порядок и достигало 50 мкг/л. В озере наблюдается интенсивное «цветение» фитопланктона. В июне 2008 г. его биомасса достигла 28,9 мг/л, а плотность –  $2,7 \times 10^9$  кл/л. Преобладали сине-зеленые водоросли, на долю которых приходилось 98,9 % от общего числа клеток фитопланктона и 65,9 % от общей биомассы [5–13]. Средневегетационная биомасса фитопланктона в 2014 г. была высокой –  $19,3 \pm 11,2$  мг/л. На фоне развития микрофитных комплексов существенно увеличились показатели биомассы кормового зоопланктона (в среднем до 9,1 мг/л) с доминирующей ролью ветвистоусых ракообразных (55,6 и 61,5 % соответственно). Биомасса кормового зообентоса, наоборот, снизилась в 5,8 раза (до 3,4 г/м<sup>2</sup>), в основном за счет выпадения фитофильных форм. Значение пелофильных форм не претерпело существенного изменения.

Озеро всегда имело существенное рыбопромысловое значение, обеспечивая годовой вылов рыбы в пределах 8–18 т. Максимум вылова приходился на 1986–1991 гг. (54,5 т), когда интенсивность рыболовства достигла максимальной величины. В среднемноголетней динамике уловы с водоема составляли около 10 т (рисунок).

Основу промысловой ихтиомассы ранее составляли короткоциклические малоценные виды рыб: плотва (до 60 % от общего улова) и окунь (19,7 %). На долю хозяйственно ценных видов (лещ и щука) приходилось в сумме не более 14 % от общего вылова. По причине невысокой стоимости совокупного улова экономическая эффективность промыслового рыболовства была низкой.



Динамика промыслового вылова рыбы из озера Б. Швакшты

В последние годы структура получаемых уловов претерпела существенное изменение [14]. Доминантами стали два вида – лещ (в среднем 55,7 % вылова) и щука (16,2 %), а состав ихтиоценоза характеризоваться как лещево-щучье-плотвичный [15].

На этом фоне общая биомасса рыбного стада водоема уменьшилась (с 106 кг/га на конец 80-х гг. до 60 кг/га в настоящее время) преимущественно за счет перестройки ихтиоценоза в сторону более длиннопериодических видов и роста доли хищников в структуре сообщества [16, 17]. Однако соблюдение рекомендованного режима рыболовства на оз. Б. Швакшты позволяет поддерживать объем промыслового вылова на уровне среднемноголетнего (порядка 10 т в год), что позволяет рассматривать режим эксплуатации как устойчивый.

Как следствие проведенных рыбоводных мероприятий, можно рассматривать изменение в структуре и качественной значимости ихтиоценоза, который фактически перешел в статус «лещевых». При этом резко сократилось количество погруженных макрофитов, ранее покрывавших площадь дна практически полностью и снижавших доступность водоема для применяемых орудий лова. Увеличение доступности дна и рост продукции зоопланктона также обеспечили новые условия жизни рыб-бентофагов, в первую очередь для леща. Рацион леща здесь до трехлетнего возраста представлен преимущественно кладоцерным зоопланктоном, тогда как в более старших возрастах – «мягким» бентосом. Таким образом, лещ занял в озере две экологические ниши – планкто- и бентофага, поскольку снижение проективного покрытия дна макрофитной растительностью увеличило доступность бентоса для этого вида. С другой стороны, рост щуки привел к увеличению ее совокупного рациона, обеспечиваемого младшими возрастными особями массовых видов, в первую очередь плотвы, что нашло отражение в некотором снижении общей рыбопродуктивности (на величину прироста рациона хищника) [16, 17].

Состояние ихтиофауны водоемов обычно оценивают по показателям рыбопродуктивности и качественного состава уловов. В этом плане воздействие рыбохозяйственной деятельности за последний период можно рассматривать с положительной и отрицательной сторон. На фоне снижения качества вод увеличилось биологическое разнообразие ихтиофауны водоемов за счет вселенцев и миграции нагуливающих видов. В структуре ихтиоценоза вместо прибрежно-зарослевых форм стали преобладать открыто-профундальные и пелагические формы, что улучшило промысловую обстановку и снизило удельные затраты на ведение рыбного промысла. Изменилась качественная значимость уловов в сторону резкого преобладания хозяйственно значимых видов. Если на конец 80-х гг. суммарная доля всех ценных промысловых видов по оз. Б. Швакшты составляла всего 16,3 %, а 83,7 % приходилось на малоценные (из них 79,7 % плотва и окунь), то в настоящее время 89,4 % уловов представлены хозяйственно значимыми «ценными» видами. Доля улова щуки, которая к 2005 г. уменьшилась до 0,9 %, за счет зарыбления увеличилась до 16–18 %, что стало одним из методов повышения рекреационной привлекательности водоема [15].

Оценка экономической эффективности может быть проведена на основании сопоставления доходов от рыболовной деятельности в периоды до и после проведения рыбоводно-мелиоративных мероприятий в сопоставимых ценах. По оз. Б. Швакшты рыболовная деятельность заключается в ведении рыболовного хозяйства по двум направлениям: ведении промыслового лова в рекомендованном режиме и организации платного любительского рыболовства через реализацию различных путевок (разовых, годовых и т. п.). В табл. 1 приведены состав и величины промысловых уловов за периоды 2000–2004 гг. (до интенсивного зарыбления) и 2014–2015 гг. (после интенсивного зарыбления), а также суммарный сопоставимый доход, полученный от реализации выловленной рыбы (в расчете цен на 01.12.2015 г.). Поскольку промысловое рыболовство в настоящее время ведут в объеме годовой квоты вылова (100 ц), а до 2005 г. осуществляли без ограничения в объеме, рассчитать расходную часть (затраты на промысел) не представляется возможным. Но зная промысловую нагрузку по годам, зафиксированную в тоневых журналах (количество притонений невода и число участвующих рыболовецких бригад), можем рассчитать улов на промысловое усилие (улов на одно притонение невода), который может служить относительным показателем эффективности рыболовства. За анализируемые периоды последний уменьшился с 332 до 292 кг. Поскольку удельные затраты на одно притонение фактически изменяются мало, сопоставление данного показателя по сравниваемым периодам может служить дополнительным критерием оценки эффективности.

Т а б л и ц а 1. Величины вылова и стоимости улова от ведения промыслового рыболовства

Виды рыб	Средний улов, ц		Стоимость улова с НДС, тыс. руб.	
	2000–2004 гг.	2014–2015 гг.	2000–2004 гг.	2014–2015 гг.
Лещ	29,61	77,0	52409,7	136290
Щука	1,14	6,3	4480,2	24759
Окунь	5,94	3,2	11464,2	6176
Плотва	67,16	3,9	48355,2	5850
Густера	1,92	3,9	2592	5265
Карп	–	1,0	–	3330
Карась	0,06	1,0	102,6	1710
Белый амур	–	0,8	–	2720
Угорь	–	2,0	–	70000
Линь	27,0	0,03	67500	75
Сом	0,12	–	396	–
Всего	132,94	99,14	138944,7	256175

В любительском рыболовстве по отчетным данным парка за последний период имеются данные по реализации (количеству и стоимости) различных путевок. В сложившемся учете вылова подразумевается, что рыболовы изымают разрешенную суточную норму (5 кг на человека в день). Сопоставление количества реализации путевок в анализируемый (2014–2015 гг.) и в предшествующий период до проведения мероприятий по зарыблению (2000–2004 гг.) в сопоставимых ценах позволяет сделать вывод о росте привлекательности озера для любителей и увеличении доходности от данного вида деятельности. В частности, общее число реализуемых путевок снизилось на 59 %, но совокупный доход от их реализации увеличился на 95 % (табл. 2). Изучение структуры любительского вылова показало, что рост привлекательности был обеспечен, прежде всего, зарыблением карпом, амуром и щукой, что нашло отражение в увеличении реализации более дорогих, но и более выгодных долговременных путевок (годовых и трехдневных «выходного дня») по сравнению с разовыми однодневными.

Т а б л и ц а 2. Показатели реализации путевок на любительское рыболовство

Годы	Оценочный объем вылова, кг	Общее количество реализованных путевок, шт.	В том числе				Стоимость реализации в среднем за год, тыс. руб.
			годовые	разовые	выходного дня	льготные	
Среднее 2000–2004 гг.	12930	2580	–	1806	774	–	76110
2014 г.	4868	974	487	243	97	49	132930
2015 г.	5710	1142	571	286	228	57	160445
Среднее 2014–2015 гг.	5289	1058	530	265	210	53	148850

Таким образом, по результатам проведенных мероприятий, можно отметить следующее:

- 1) стоимость совокупного промыслового улова из-за роста доли «ценных» хозяйственно значимых видов увеличилась на 85 %;
- 2) рост доступности водоема для орудий лова сократил сроки облова, в результате чего затраты на добычу годового объема вылова рыбы снизились на 15 %;
- 3) на фоне снижения общего объема вылова отмечено некоторое снижение улова на промысловое усилие – на 12 %, но это компенсируется ростом стоимости рыбы;
- 4) реализация общего числа путевок на платное рыболовство хотя и уменьшилась более чем в 2 раза, но из-за роста привлекательности увеличилась доля реализации более дорогих годовых путевок, в результате чего доходность в сопоставимых ценах возросла практически в 2 раза.
- 5) реализация мероприятий, направленных на реконструкцию ихтиофауны, однозначно способствовала росту экономической эффективности ведения рыболовного хозяйства.

**Заключение.** Воздействие проведенных рыбоводно-мелиоративных мероприятий способствовало структурным перестройкам на всех продукционных уровнях экосистемы. Как следствие, изменилось состояние экосистемы в целом и ихтиоценоза в частности – рыбохозяйственный статус водоема изменился в сторону более экономически значимого. Интенсивное зарыбление нагуливающимися видами с использованием растительноядных рыб хотя и не привело к резкому росту промыслового вылова (вероятно за счет недостаточного учета вылова любителями), но способствовало перестройке аборигенного ихтиоценоза в пользу хозяйственно значимых видов с изменением рыбохозяйственного статуса водоема в целом. Снижение степени зарастаемости на фоне снижения прозрачности воды не привело к ухудшению условий нагула щуки, в результате данный вид занял нишу доминирующего хищника, оказывая влияние на снижение общей рыбопродуктивности. Изменение общей степени зарастаемости и направленности продукционных процессов сформировало условия для роста численности леща, который в настоящее время занял две экологические ниши, формируя основу ихтиомассы. Проведение рыбоводно-мелиоративных мероприятий способствовало структурной перестройке ихтиофауны в пользу роста стоимости получаемого улова. Количественное преобладание хозяйственно значимых видов рыб также способствовало росту рыболовного туризма в рассматриваемых рыболовных угодьях. Рост стоимости улова в сопоставимых ценах при сохранении показателей интенсивности рыболовства способен повысить рентабельность ведения рыболовного хозяйства без кардинального изменения структуры рыболовства.

#### Список использованных источников

1. Озера Беларуси: справ. / Б.П. Власов [и др.]. – Минск: БГУ, 2004 – 284 с.
2. Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси, предусматривающая оптимальное промышленное и любительское рыболовство: справ. пособие / В.Г. Костоусов [и др.]. – Минск: Георг, 1997. – 122 с.
3. Костоусов, В.Г. Структура ихтиоценозов и направленность сукцессий в них на примере озер национальных парков Республики Беларусь / В.Г. Костоусов // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы II междунар. науч. конф., Минск-Нарочь, 22–26 сент. 2003 г. – Минск, 2003. – С. 589–591.
4. Костоусов, В.Г. Состав и структура ихтиофауны водоемов национального парка «Нарочанский» / В.Г. Костоусов // Динамика биологического разнообразия фауны, проблемы и перспективы устойчивого использования и охраны животного мира Беларуси: тез. докл. IX зоол. науч. конф. – Минск, 2004. – С. 219.
5. Остапеня, А.П. Изменение экологической ситуации в озере Большие Швакшты и его причины / А.П. Остапеня, Т.В. Жукова // Докл. НАН Беларуси. – 2009. – Т. 53, №3. – С. 98–101.
6. Catastrophic shifts in ecosystems / M. Scheffer [et al.] // Nature. – 2001. – Vol. 413. – P. 591–596.
7. Alternative equilibria in shallow lakes / M. Scheffer [et al.] // Trends Ecol. Evol. – 1993. – Vol. 8. – P. 275–279.
8. Scheffer, M. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size / M. Scheffer, E. H. Van Nes // Hydrobiologia. – 2007. – Vol. 584. – P.455–466.
9. Scheffer, M. Regime Shifts in Shallow Lakes / M. Scheffer, E. Jeppesen // Ecosystems. – 2007. – Vol. 10. – P. 1–3.
10. Scheffer, M. Floating plant dominance as a stable state / M. Scheffer [et al.] // Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. – 2003. – Vol. 100. – P. 4040–4045.
11. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth / E. Jeppesen [et al.] // Hydrobiologia. – 1997. – Vol. 342/343. – P. 151–164.
12. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake / P. Schriver [et al.] // Freshwater Biology. – 1995. – Vol. 33. – P. 255–270.
13. Адамович, Б.В. Растительноядные рыбы как фактор изменений в экосистеме озер Малые и Большие Швакшты / Б.В. Адамович, В.Г. Костоусов, Т.В. Жукова // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века: материалы 15-й междунар. науч. конф., Минск, Беларусь, 21–22 мая 2015 г. / под ред. С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. – Минск, 2015. – С. 162.
14. Костоусов, В.Г. Оценка эффективности методов увеличения рыбных ресурсов / В.Г. Костоусов // Восстановление рыбных ресурсов и контроль их использования: материалы междунар. конф., Каунас, Литва, 17–18 сент. 2015 г. – Вильнюс, 2015. – С. 12–14.
15. Костоусов, В.Г. Оценка воздействия зарыбления на среду и ихтиофауну системы макрофитных озер / В.Г. Костоусов, Б.В. Адамович // Современные проблемы теоретической и практической ихтиологии: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Херсон, Украина, 17–19 сент. 2015 г. – Херсон, 2015. – С. 96–100.
16. Китаев, С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С.П. Китаев. – М.: Наука, 1984. – 207 с.
17. Китаев, С.П. Ихтиомасса и рыбопродукция малых и средних озер и способы их определения / С.П. Китаев – СПб., 1994 – С. 165–169.

Поступила в редакцию 11.04.2016