

Новый подход к оценке состояния запасов рыб на примере леща

© 2020. В. Г. Терещенко¹, д. б. н., г. н. с.,
Ф. М. Шакирова², к. б. н., доцент, зам. руководителя филиала,
В. З. Латыпова^{3,4}, д. х. н., член-корр. АН РТ, профессор, г. н. с.,
Н. Ю. Степанова³, д. б. н., доцент, зав. кафедрой,
Ю. А. Северов², к. б. н., зав. лабораторией,
О. К. Анохина², к. х. н., зав. лабораторией, А. Р. Гайсин^{2,3}, м. н. с.,
магистрант, А. В. Гранин², н. с., Р. Р. Нуретдинов², м. н. с.,

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
152742, Россия, Ярославская обл., Некоузский район, п. Борок, д. 109,

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО», «ТатарстанНИРО»,
420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Тази Гиззата, д. 4,

³Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18,

⁴Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
420087, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, д. 28,
e-mail: ecoanrt@yandex.ru

Приведён подход к оценке состояния рыбных ресурсов как многоуровневой системы анализа изменений структурно-функциональных характеристик популяций рыб. Рассматриваемый подход опробован на примере модельного вида леща (*Abramis brama* L.) как основного промыслового вида в Куйбышевском водохранилище с использованием данных за период 2000–2018 гг. На основе расчёта коэффициента естественной смертности путём аппроксимации кривой населения с учётом возрастного состава уловов показано, что при стабильном пополнении промыслового стада и вступлении в промысел высоко- и малочисленных поколений в зависимости от условий нереста снижения запасов леща не предвидится. Результаты исследований будут полезны для оценки состояния популяций рыб, разработки мероприятий по рациональному освоению их запасов в водохранилищах.

Ключевые слова: рыбы, популяция, динамика, структура, мониторинг состояния.

New approach to assessing the state of fish stocks on the example of bream

© 2020. V. G. Tereshchenko¹ ORCID: 0000-0003-4170-9529, F. M. Shakirova² ORCID: 0000-0002-9865-260X,
V. Z. Latypova^{3,4} ORCID: 0000-0002-8490-6939, N. Y. Stepanova³ ORCID: 0000-0003-1733-9062,
Yu. A. Severov² ORCID: 0000-0002-6004-0333, O. K. Anokhina² ORCID: 0000-0002-8224-5356,
A. R. Gaisin^{2,3} ORCID: 0000-0003-2572-5174, A. V. Granin² ORCID: 0000-0002-7421-3039,
R. R. Nuretdinov² ORCID: 0000-0002-1999-8822

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,
109, V. Borok, Nekouz District, Yaroslavl Region, Russia, 152742,

²Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography”,
Tatar Branch of VNIRO “TatarstanNIRO”,
4, Tazi Gizzata St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420111,

³Kazan (Volga Region) Federal University,
18, Kremlevskaya St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420008,

⁴Institute of Problems of Ecology and Subsoil Use of the Academy
of Sciences of Republic of Tatarstan,
28, Daur'skaya St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420087,
e-mail: ecoanrt@yandex.ru

This paper substantiates a new approach to the protection of fish resources, based on the transition from the concept of a calculated forecast of catches and quotas to a multilevel system for assessing the status of fish populations under conditions of slow flow. The main levels of the fish population monitoring system are considered. A new approach based on an analysis of monitoring results of the main structural and functional population characteristics of fish, on data on the dynamics of the population size and its generations, changes in the age structure, growth rate, abundance of individuals with morphological anomalies. A new approach was tested on the example of a model species of bream (*Abramis brama* L.) in the Kuibyshev reservoir as a common inhabitant of different morpho-hydrological properties of reservoirs in Europe, belonging to the LC group according to the IUCN classification. An array of new scientific data has been obtained. Based on the calculation of natural mortality by approximating the population curve, taking into account the age composition of catches, it is shown that with a stable replenishment of the fishing herd, when high- and small-numbered generations enter the fishery, depending on the spawning conditions, bream stocks are not expected to be undermined. The results of the study can be used as a basis for assessing the state of fish populations, developing measures for the rational development of their reserves in conditions of unstable hydrological regime of reservoirs and weakening of control over fishing in the protection of fish resources.

Keywords: fish, population, dynamics, structure, monitoring of state.

Экосистемы водохранилищ функционируют в условиях замедленного водообмена и интенсивного регулирования, направленного на обеспечение человека водными ресурсами и электроэнергией. В связи с проблемами, возникшими после создания водохранилищ [1, 2], особую роль приобрело расширение сети мониторинга за состоянием их водных и водных биологических ресурсов. Отсутствие системного биологического мониторинга и резкое ослабление контроля над промыслом [3] нанесли значительный ущерб рыбным ресурсам. Возникшая ситуация требует новых научно обоснованных принципов и подходов к мониторингу состояния популяций рыб водохранилищ для рационального освоения их рыбных запасов.

Цель данной работы – обоснование и опробование подхода к охране рыбных ресурсов, основанного на многоуровневой системе мониторинга состояния популяций рыб водохранилищ на примере модельного вида – леща *Abramis brama* L. в Куйбышевском водохранилище.

Методология, материал и методика

Новый подход к рациональному освоению рыбных ресурсов в отличие от традиционного прогноза уловов [3] базируется на оценке состояния популяций по данным многоуровневой системы мониторинга с анализом и интеграцией информации каждого из предыдущих уровней и поиском надёжных и эффективных индикаторов изменения состояния популяций рыб. Мониторинг состояния популяций рыб основан на данных о состоянии среды обитания, ихтиологического анализа (включающего патологоанатомические исследования отдельных особей, динамику численности популяции и её генераций, изменения в возрастной структуре, скорости роста, данные об обилии особей

с морфологическими аномалиями [4, 5]); на оценке величины смертности и пополнения популяции, в том числе с применением модификации стандартного биостатистического метода [5] и анализа структурного фазового портрета рыбной части сообщества [6–8], а также на прогнозировании эффективности нереста рыб в зависимости от влияющих на него факторов.

В качестве объекта исследования взят модельный вид – лещ *Abramis brama* L. Куйбышевского водохранилища. Он является обычным обитателем разных по морфогидрологическим свойствам водоёмов Европы [8–10] и по классификации Международного союза охраны природы относится к группе LC, т. е. не вызывающий опасение. Биоматериал для анализа (всего 36580, ежегодно – от 950 до 7987 экз. особей рыб) собирали сетями с ячейёй 36–90 мм в период с 2000 по 2018 гг. [3]. Анализ состояния популяции проводили на базе классических теоретических представлений и современных разработок [5, 11–19].

Результаты и обсуждение

Динамика численности популяции – важнейший критерий её состояния. Численность особей и относительные показатели, отнесённые к единице площади, объёму жизненного пространства или времени, регулируются равновесием между потенциалом роста и ограничениями, накладываемыми на этот рост средой обитания в зависимости от климата и наличия ресурсов [20].

С 2000 по 2003 гг. обилие леща в Куйбышевском водохранилище уменьшалось (рис. 1а) при отрицательной скорости его изменения, что характерно при переходе популяции в состояние с меньшей численностью (рис. 1б). С 2004 по 2008 гг. траектория системы стала циклической, т. е. лещ находился в состоянии

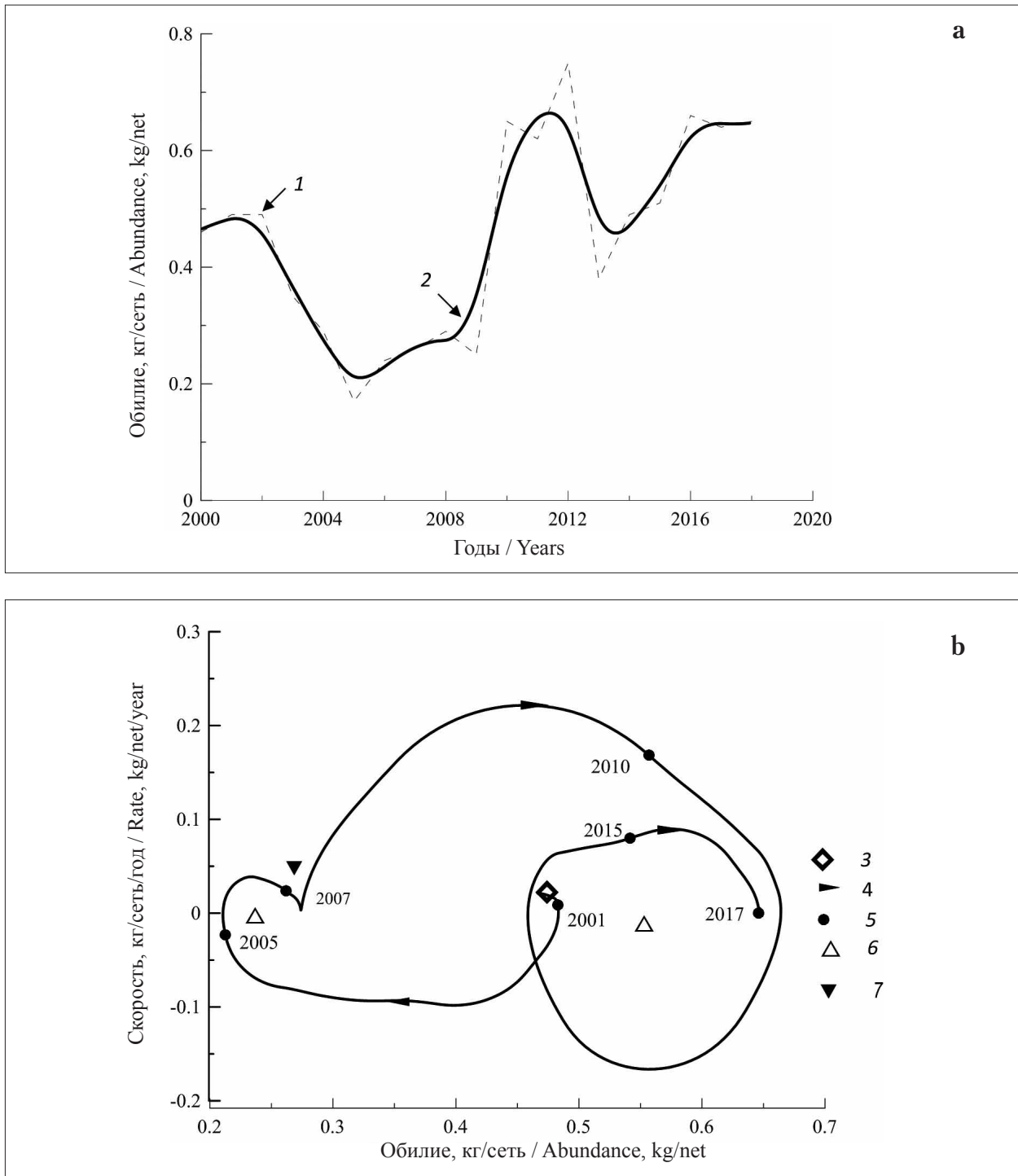


Рис. 1. Динамика относительной численности популяции леща Куйбышевского водохранилища (а) и её динамический фазовый портрет (b): 1 – исходные данные; 2 – сглаженные данные; 3 – начальное состояние; 4 – направление перемещения; 5 – состояние популяции в год, обозначенный цифрой у кривой; 6 – устойчивое состояние; 7 – критическая точка

Fig. 1. Relative population dynamics of the bream of the Kuibyshev reservoir (a) and its dynamic phase portrait (b): 1 – actual data on catches, 2 – smoothing data, 3 – initial population state, 4 – direction of system movement, 5 – population state in the year indicated near the curve, 6 – steady-state condition, 7 – critical point

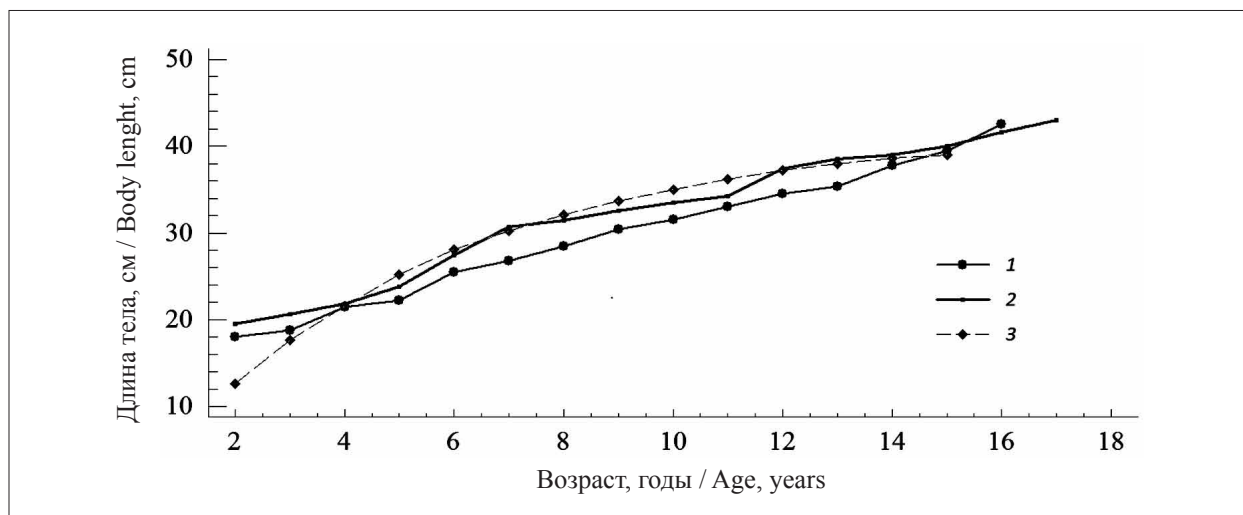


Рис. 2. Линейный рост леща Куйбышевского водохранилища в разные годы: 1 – 2000 г. по [3]; 2 – 2018 г.; 3 – 1960 г. по [19]
 Fig. 2. Linear growth of bream of the Kuibyshev reservoir in different years: 1 – 2000 under [3]; 2 – 2018; 3 – 1960 under [19]

Таблица 1 / Table 1

Аномалии и патологии у леща Ундорского плёса Куйбышевского водохранилища (n = 909 экз.)
 Anomalies and pathologies of the bream of Undorsky Reach of the Kuibyshev Reservoir (n = 909 spec.)

Вид аномалий / Type of anomalies	Встречаемость / Incidence, %
Аномалии внешней морфологии / Anomalies of external morphology	
Аномалии боковой линии / Side line anomalies	1,00
Искривление хвостового стебля / Curvature of the tail stem	0,33
Уродливое развитие спинного и анального плавников Ugly development of the dorsal and anal fins	0,55
Паразиты / Parasites	
<i>Ligula intestinalis</i> и пиявки (<i>Piscicola geometra</i>) <i>Ligula intestinalis</i> and leeches (<i>Piscicola geometra</i>)	0,33

равновесия, при этом средний улов составлял 0,25 экз./сеть с вариабельностью CV = 17,6%. После прохождения популяцией критической точки в 2007 г. отмечался её переход в состояние равновесия со средним уловом 0,55 кг/сеть, характерным для популяции леща и в настоящее время. Межгодовая вариабельность улова незначительно возросла (CV = 20%), что, вероятно, связано с появлением нескольких урожайных поколений.

Рост рыб. Для анализа линейного роста рыб последних лет в качестве реперного взят третий этап формирования ихтиофауны (1960–1965 гг.) с наилучшими популяционными показателями леща в водохранилище [2, 21, 22].

Данные о линейном росте леща в период 2000–2018 гг. в сравнении с реперным этапом приведены на рисунке 2. Отмечается также аналогичное изменение темпа роста массы тела леща [3, 19, 22] как важнейший приспособительный механизм ответа популяции на изменение обеспеченности пищей.

собительный механизм ответа популяции на изменение обеспеченности пищей.

Относительный вклад особей с морфологическими аномалиями является критерием отклонения в развитии рыб. Работы 2005–2006 гг. показали низкую ($\leq 1\%$) встречаемость аномалий и патологий у леща Куйбышевского водохранилища (табл. 1) и отсутствие нарушений полового цикла. Следовательно, лещ в водохранилище не подвержен сильным аберрациям. Больше аномалий обнаружено в водоёме у чехони, густеры, берша, судака и окуня, однако их встречаемость также низка и не превышает 2%.

Возрастная структура. В настоящее время возрастной ряд леща составляют особи 2–17 лет. Анализ численности популяции леща выявил периоды её нахождения в равновесных состояниях, что позволяет корректно объединить данные возрастной структуры в период исследований. У рыб в возрасте

9+–17+ лет статистически значимых различий в возрастной структуре не отмечено. По критерию Стьюдента рыб в возрасте 3+ и 4+ лет было достоверно больше в 2000-х гг. ($p = 0,05$ и $p = 0,1$, соответственно), а шестилеток и семилеток – в 2010-х гг. ($p = 0,05$). Эффективный нерест леща в эти годы определяется условиями среды обитания (оптимальный уровеньный режим водохранилища и благоприятная нерестовая температура в период весеннего размножения рыб). Многовозрастная структура леща также характеризует благополучие популяции леща в водохранилище в целом.

Оценка численности поколений леща. На основе информации о равновесной возрастной структуре популяции леща Куйбышевского водохранилища и усреднения возрастной структуры популяции за период исследования (2000–2018 гг.) проведена оценка численности поколений леща на основе модифицированной методики убыли от лова (рис. 3).

По экспериментальным данным проведена аппроксимация относительной численности четырёх возрастных групп леща (рис. 3).

Аппроксимацию относительной численности младших возрастных групп ($T = 2–6$ лет) осуществляли полиномом второй степени; для описания изменения численности более старших возрастных групп ($T = 6–17$ лет) воспользовались методом линейной аппроксимации. Получены следующие аппроксимирующие модели (1)–(4):

$$T = 2–6 \text{ лет:} \\ \ln N = 2,32297 + 0,22779 \cdot T - 0,03115 \cdot T^2 \\ (R^2 = 89,4) \quad (1)$$

$$T = 6–11 \text{ лет:} \\ \ln N = 4,71415 - 0,35591 \cdot T \quad (R^2 = 99,6) \quad (2)$$

$$T = 11–14 \text{ лет:} \\ \ln N = 9,58367 - 0,79686 \cdot T \quad (R^2 = 99,6) \quad (3)$$

$$T = 14–17 \text{ лет:} \\ \ln N = 0,97301 - 0,18033 \cdot T \quad (R^2 = 99,6), \quad (4)$$

где $\ln N$ – натуральный логарифм процентного соотношения возрастной группы; T – возраст, годы; R^2 – коэффициент детерминации.

Согласно коэффициентам детерминации (R^2), полученные модели описывают от 89,4 до 99,6% изменения обилия особей при относительной погрешности модели, составляющей 0,2–3,8%, что указывает на хорошую аппроксимацию равновесной возрастной структуры леща. Результаты моделирования согласуются с данными оценки численности молоди леща [23], что свидетельствует об адекватности применённого метода.

Коэффициент естественной смертности рыб зависит от возраста [24]. Путём аппроксимации кривой населения с учётом возрастного состава уловов определён коэффициент (Z) смертности леща в водоёме, составляющий величину $Z = 0,38$. Следовательно, начиная с 7–8 летнего возраста, стадо леща ежегодно сокращается на 38%. Учитывая, что данный показатель состоит из двух компонентов ($M+F$) (естественной и промысловой смертности), можно считать, что при стабильном пополнении промыслового стада и производителей, подрыв запасов леща не предвидится.

Оценка состояния популяции леща. Объединение некоторых из разнородных показателей состояния популяции, основанное

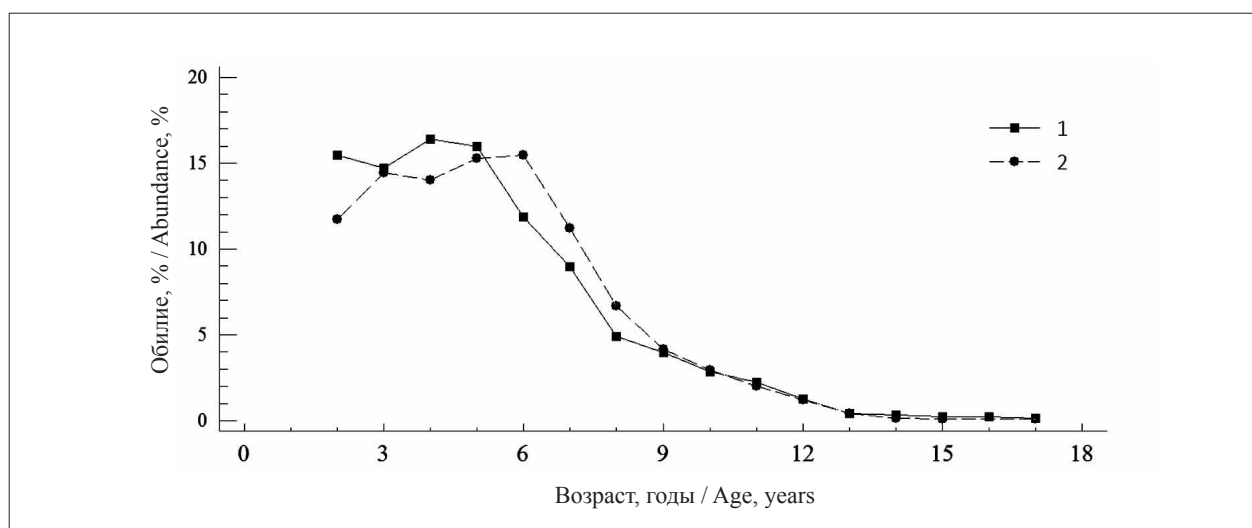


Рис. 3. Усреднённая возрастная структура популяции леща за 2000–2018 гг. (1) и аппроксимирующая функция равновесной возрастной структуры (2)
 Fig. 3. The average age structure of the bream population in the periods 2000–2018 (1) and approximating function of the equilibrium age structure (2)

Таблица 2 / Table 2

Экспертная оценка состояния популяции леща Куйбышевского водохранилища
Expert assessment of the Kuibyshev reservoir bream population status

Показатели / Indicators	Значение показателя* The value of the indicator *
Средняя длина, см ** / Average length, cm **	0
Средняя масса, г ** / Average weight, g **	-1
Темп линейного роста / The rate of linear growth	+1
Темп роста массы тела / The rate of weight growth	+1
Промысловые уловы / Commercial catches	0
Улов на усилие*** / Effort catch***	0
Возрастная структура / Age structure	+1
Условия нагула / Feeding conditions	0
Кормовая база / Feed base	0
Наличие морфологических аномалий Presence of morphological abnormalities	0

Примечание: * – показатели выше (+1), ниже (-1) или соответствуют (0) значениям предыдущего года; ** – уменьшение (-1), увеличение (+1) значений показателей, превышающих 5%; (0) – изменение длины и массы особи менее, чем на 5%; *** – оценка эксперта (по 4-х балльной шкале) по количеству жира на кишечнике и по накармленности рыб.

Note: * – indicators higher (+1), lower (-1) or correspond to (0) values of the previous year; ** – decrease (-1), increase (+1) values of indicators exceeding 5%; (0) – change in the length and mass of an individual less than 5%; *** – expert assessment (on a 4-point scale) on the amount of fat on the intestines and on the feeding of fish.

на трёхбалльной шкале (-1, 0, +1), позволяет представить состояние популяции в виде точки в многомерном признаковом пространстве, положение которой в начале координат (0) соответствует нормальному состоянию популяции, а отклонение от неё в положительную (+1) или отрицательную (-1) стороны – улучшению или ухудшению её состояния, соответственно (табл. 2).

Оценку состояния популяции проводили также по наличию/отсутствию морфологических изменений в сравнении с их встречаемостью, принятой за норму. Если экспертную оценку состояния популяций хищных рыб следует проводить по данным ихтиологических исследований, то при экспертной оценке состояния популяции леща (табл. 2) особое внимание уделено оценке по биологическим показателям.

Заключение

В работе приведён новый подход к охране рыбных ресурсов, базирующийся не на традиционном прогнозе уловов, а на мониторинге состояния популяций рыб как многоуровневой системе, опробованной на примере леща в Куйбышевском водохранилище по данным за период 2000–2018 гг. Анализ популяционных показателей и структурного фазового портрета показал, что популяция леща Куйбышевского водохранилища находится в равновесном со-

стоянии, характерном для его популяции и в настоящее время.

Данные мониторинга о линейном росте особей разного возраста, темпе повышения массы тела леща, как и многовозрастная структура его популяции характеризуют благополучие популяции исследованного модельного вида рыб в целом.

На основе расчёта коэффициента естественной смертности путём аппроксимации кривой населения с учётом возрастного состава уловов, показано, что при стабильном пополнении промыслового стада при вступлении в промысел высоко- и малочисленных поколений в зависимости от условий нереста снижения запасов исследованного модельного вида рыб не предвидится.

Результаты могут быть положены в основу оценки состояния популяций рыб, разработки мероприятий по рациональному освоению запасов рыб в условиях зарегулированного гидрорежима водохранилищ.

Исследование осуществлено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-44-160023.

Литература

1. Куйбышевское водохранилище: экологические аспекты водохозяйственной деятельности / Под научной

редакцией В.З. Латыповой, О.П. Ермолаева, Н.П. Торсуева, В.А. Кузнецова. Казань: Издательство «Фолиант», 2007. 320 с.

2. Кузнецов В.А. Изменения экосистемы Куйбышевского водохранилища в процессе его формирования // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 2. С. 228–233.

3. Анохина О.К., Гончаренко К.С., Говоркова Л.К. Промыслово-биологическая характеристика рыб, состояние промысловых запасов ОДУ и ВУ в Куйбышевском водохранилище на современном этапе // Труды Татарского отделения ФГНУ «ГосНИОРХ». СПб., 2003. Вып. 13. С. 152–176.

4. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А., Сталдвин Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. 1999. Т. 119. № 2. С. 165–177.

5. Tereshchenko V.G., Zuyanov O.V. The method of assessment of relative abundance of commercial fish species generations under conditions of incomplete initial information // Biology of inland waters. 2006. No. 1. P. 88–92.

6. Reshetnikov Yu.S., Tereshchenko V.G. Analysis of the equilibrium state of lake fish community based on its dynamic phase portrait // Biology Bulletin Reviews. 2019. V. 9. No. 4. P. 333–342.

7. Tereshchenko V.G., Khrystenko D.S., Kotovska G.O., Tereshchenko L.I. Characteristics of Stone Moroko population dynamics at different stages of naturalization in lake and steam-type Dnieper reservoirs // Russian Journal of Ecology. 2016. V. 47. No. 7. P. 364–370.

8. Boznak E.I., Zakharov A.B., Tereshchenko V.G. Effect of the increasing intensity of recreational fishing on the fish assemblage of a watercourse in an economic development zone // Inland Water Biology. 2019. V. 12. No. 1. P. 88–95.

9. Pope J.G. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis // Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull. 1972. No. 9. P. 65–74.

10. Mortensen E. Population, survival, growth and production of trout *Salmo trutta* in small Danish stream // Oikos. 1977. V. 28. P. 9–15.

11. Tereshchenko V.G., Boznak E.I., Tereshchenko L.I. Dynamic phase portrait: New possibilities of detecting changes in populations // Biosystems Diversity. 2019. V. 27 (4). P. 361–366.

12. Рабазанов Н.И., Бархалов Р.М., Орлов А.М., Маркевич Г.Н., Устарбекова Д.А. Изменчивость морфологических признаков и состояние популяции ручьевых форелей (*Salmo trutta morpha fario*, Linnaeus, 1758) в верховьях рек Сулак и Самур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 89–95.

13. Vašek M., Kubečka J., Čech M., Drašík V., Matěna J., Mrkvička T., Peterka J., Prchalová M. Diel variation in gillnet catches and vertical distribution of pelagic fishes in a stratified European reservoir // Fisheries Research. 2009. V. 96. No. 1. P. 64–69.

14. Karpova E.I., Petr T., Isaev A.I. Reservoir fisheries in the countries of the common wealth of independent states. Rome, 1996. 132 p.

15. Reshetnikov Yu. Changes of the fish community of lake ecosystems in recent conditions // Topical problems of ichthyology. Brno: Czechosl. Acad. Sci., 1981. P. 113–118.

16. Reshetnikov Yu.S., Tereshchenko V.G. Quantitative level of research in fish ecology and errors associated with it // Russian Journal of Ecology. 2017. V. 48. No. 3. P. 233–239.

17. Verbitsky V.B., Tereshchenko V.G. Structural phase diagrams of animal communities in assessment freshwater ecosystem conditions // Hydrobiologia. 1996. V. 322. P. 277–282.

18. Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. М.: Пищевая промышленность, 1974. 447 с.

19. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищевая промышленность, 1979. 408 с.

20. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.

21. Лукин А.В. Основные этапы формирования ихтиофауны и состояние запасов рыб. Состояние запасов леща // Экологические особенности рыб и кормовых организмов Куйбышевского водохранилища. Казань: Изд-во КГУ, 1986. С. 5–9.

22. Цыплаков Э.П. Лещ // Труды Тат. отделения ГосНИОРХ. Вып. XII. Распределение и численность промысловых рыб Куйбышевского водохранилища и обуславливающие их факторы. Казань, 1972. С. 68–113.

23. Шакирова Ф.М., Северов Ю.А. Перест основных промысловых видов рыб Куйбышевского водохранилища в 2008–2009 годах // Сб. науч. трудов «Природа Симбирского Поволжья». Ульяновск, 2009. Вып. 10. С. 233–237.

24. Chen S., Watanabe S. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics // Nippon Suisan Gakkaishi. 1989. V. 55. P. 205–208.

References

1. Kuibyshev reservoir: environmental aspects of water management / Eds. V.Z. Latypova, O.P. Ermolaev, N.P. Torsuev, V.A. Kuznetsov. Kazan: Publishing House “Foliant”, 2007. 320 p. (in Russian).

2. Kuznetsov V.A. Changes in the ecosystem of the Kuibyshev water-storage basin in the process of its formation // Water resources. 1997. V. 24. No. 2. P. 228–233 (in Russian).

3. Anokhina O.K., Goncharenko K.S., Govorkova L.K. Commercial and biological characteristics of fish, the state of commercial stocks of ODU and VU in the Kuibyshev reservoir at the present stage // Proceedings of the Tatar branch of FGNU “GosNIORH”. Sankt-Peterburg, 2003. No. 13. P. 152–176 (in Russian).

4. Reshetnikov Yu.S., Popova O.A., Kashulin N.A., Lukin A.A., Amundsen P.A., Staldvin F. Assessment of the well-being of the fish part of the water community based on the results of morphopathological analysis of fish // *Uspekhi sovremennoy biologii*. 1999. V. 119. No. 2. P. 165–177 (in Russian).
5. Tereshchenko V.G., Zuyanov O.V. The method of assessment of relative abundance of commercial fish species generations under conditions of incomplete initial information // *Biology of inland waters*. 2006. No. 1. P. 88–92.
6. Reshetnikov Yu.S., Tereshchenko V.G. Analysis of the equilibrium state of lake fish community based on its dynamic phase portrait // *Biology Bulletin Reviews*. 2019. V. 9. No. 4. P. 333–342. doi: 10.1134/S2079086419040066
7. Tereshchenko V.G., Khrystenko D.S., Kotovska G.O., Tereshchenko L.I. Characteristics of Stone Moroko population dynamics at different stages of naturalization in lake- and steam-type Dnieper reservoirs // *Russian Journal of Ecology*. 2016. V. 47. No. 7. P. 364–370. doi: 10.1134/S1067413616030140
8. Boznak E.I., Zakharov A.B., Tereshchenko V.G. Effect of the increasing intensity of recreational fishing on the fish assemblage of a watercourse in an economic development zone // *Inland Water Biology*. 2019. V. 12. No. 1. P. 88–95. doi: 10.1134/S199508291901005X
9. Pope J.G. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis // *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.* 1972. No. 9. P. 65–74.
10. Mortensen E. Population, survival, growth and production of trout *Salmo trutta* in small Danish stream // *Oikos*. 1977. V. 28. P. 9–15.
11. Tereshchenko V.G., Boznak E.I., Tereshchenko L.I. Dynamic phase portrait: New possibilities of detecting changes in populations // *Biosystems Diversity*. 2019. V. 27 (4). P. 361–366. doi: 10.15421/011948
12. Rabazanov N.I., Barkhalov R.M., Orlov A.M., Markevich G.N., Ustarbekova D.A. Variability of morphological characteristics and the population status of brook trout (*Salmo trutta morpha fario*, Linnaeus, 1758) at the headwaters of the rivers Samur and Sulak // *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. No. 2. P. 89–95 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-089-095
13. Vašek M., Kubečka J., Čech M., Draštík V., Matěna J., Mrkvička T., Peterka J., Prchalová M. Diel variation in gillnet catches and vertical distribution of pelagic fishes in a stratified European reservoir // *Fisheries Research*. 2009. V. 96. No. 1. P. 64–69. doi: 10.1016/j.fishres.2008.09.010
14. Karpova E.I., Petr T., Isaev A.I. Reservoir fisheries in the countries of the commonwealth of independent states. Rome, 1996. 132 p.
15. Reshetnikov Yu. Changes of the fish community of lake ecosystems in recent conditions // *Topical problems of ichthyology*. Brno: Czechosl. Acad. Sci., 1981. P. 113–118.
16. Reshetnikov Yu.S., Tereshchenko V.G. Quantitative level of research in fish ecology and errors associated with it // *Russian Journal of Ecology*. 2017. V. 48. No. 3. P. 233–239. doi: 10.1134/S1067413617030146
17. Verbitsky V.B., Tereshchenko V.G. Structural phase diagrams of animal communities in assessment freshwater ecosystem conditions // *Hydrobiologia*. 1996. V. 322. P. 277–282.
18. Nikolskiy G.V. Fish population dynamics theory. Moskva: Pishchevaya promyshlennost, 1974. 447 p. (in Russian).
19. Riker U.E. Methods of assessment and interpretation of biological indicators of fish populations. Moskva: Pishchevaya promyshlennost, 1979. 408 p. (in Russian).
20. Riklefs R. Foundations of general ecology. Moskva: Mir, 1979. 424 p. (in Russian).
21. Lukin A.V. The main stages of ichthyofauna formation and the state of fish stocks. State of stocks of bream // *Ecological features of fish and food organisms of the Kuibyshev reservoir*. Kazan: Izd-vo KGU, 1986. P. 5–9 (in Russian).
22. Tsyplakov E.P. Bream // *Trudy Tat. GosNIORCH offices*. Issue XII. Distribution and number of commercial fish of the Kuibyshev reservoir and factors contributing to them. Kazan, 1972. P. 68–113 (in Russian).
23. Shakirova F.M., Severov Yu.A. Spawning of main commercial fish species in the Kuybyshev reservoir in 2008–2009 // *Collection of scientific papers “Nature of the Simbirsk Volga region”*. Ulyanovsk, 2009. V. 10. P. 233–237 (in Russian).
24. Chen S., Watanabe S. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics // *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1989. V. 55. P. 205–208.