

Ивар РАЙК, Лэа ТУВИКЕНЕ

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У НЕКОТОРЫХ КАРПОВЫХ РЫБ

В течение многих лет в рамках программы МАБ № 86 «Вид и его продуктивность в ареале» на Лимнологической станции АН Эстонской ССР проводились эколого-физиологические исследования карповых рыб (леща, сазана, карпа). Лещ и сазан — массовые виды рыб, составляющие основу ихтиоценоза многих водоемов СССР (лещ населяет преимущественно воды северо-западных районов, сазан — южных). Существенное место в проводимом комплексе исследований занимает анализ сезонной и возрастной изменчивости индикаторных морфофизиологических, биохимических и гематологических показателей карповых рыб, позволяющий вскрыть особенности обмена веществ, определяющие изменения в образе жизни этих рыб и объясняющие характерный ход продукционных процессов.

В связи с этим, в 1981—1983 гг. были проведены сравнительные исследования леща, сазана и карпа из ряда водоемов Эстонской ССР, а также водоемов Грузинской и Туркменской ССР.

Материал и методика

Исследование леща оз. Вуртсъярв проводили в 1981—82 гг. Всего исследовали 394 особи (206 в 1981 г. и 186 в 1982 г.) для определения сезонных изменений гематологических и физиологических показателей. Дополнительный сезонный материал (50 лещей и 50 сазанов) собирали из оз. Ясхан (ТССР) в апреле, июле и августе 1981 г. Для сравнения данных использовали материалы из озер Паравани (28 сазанов) и Джандари (32 сазана) ГССР, собранные в 1983 г., а также из озер Кори и Ахеру (ЭССР) в 1984 г. (90 лещей).

Определяли длину рыб и массу тела без внутренностей, коэффициент упитанности (КУ) по Кларку, содержание гемоглобина (Hb) и гематокрита (Ht) в крови, индекс насыщения эритроцитов гемоглобином — отношение Hb/Ht (Yamamoto, 1980) или СКЭ, индекс селезенки, содержание сухого вещества (СВ) в мышцах и мясистость рыб (массу мышц в процентах от массы тела рыб без внутренностей). Поскольку большинство анализов проводили в полевых условиях, было необходимо определить точность результатов, полученных различными методами. Так, в частности, содержание Hb в крови определяли одновременно по Сали и гемиглобинцианидным методом. Выяснилось, что результаты, полученные в опыте, почти совпадают с полевыми (при $n=15$) (табл. 1). Метод Сали довольно точный для массовых исследований крови рыб в полевых условиях.

Все сезонные изменения морфо-физиологических, биохимических и гематологических признаков были изучены на фоне анализа параметров среды, особенно температуры воды и содержания в ней кислорода. Анализу подлежали в основном половозрелые рыбы.

Сравнение методов определения Нб в крови рыб в полевых и лабораторных условиях

Метод определения Нб	Содержание Нб в крови, г/дл													x	
Сали	12,8	12,6	13,8	12,8	14,8	11,4	10,4	11,7	12,5	9,8	14,6	11,2	12,5	13,0	12,44
Гемиглобинцианидный	12,3	12,6	13,1	12,3	13,2	12,9	10,5	12,2	12,8	10,5	15,5	11,9	11,6	13,2	12,46

Содержание СВ в мышцах рыб определяли по общепринятым стандартным методам (Кублицкас, 1976). При определении мясистой рыбы был использован метод отваривания (Сиверцов, 1965).

Сезонная изменчивость этих показателей у рыб рассматривается в связи с накоплением и расходом запасных питательных веществ и изменением активности их жизнедеятельности.

Результаты и обсуждение

Лещ. Весной, в апреле у леща оз. Вуртсъярв наблюдается минимальный уровень содержания Нб в крови и Нт, в то же время СКЭ достигает своего первого максимума (рис. 1). С мая до августа величины Нб и Нт меняются незначительно, в то же время величина СКЭ резко падает и достигает своего годового минимума. Это совпадает по времени с увеличением температуры воды в водоеме при пониженном содержании кислорода (рис. 2). В сентябре—октябре наблюдается увеличение гематологических показателей, за которыми следует их уменьшение в зимние месяцы (рис. 1).

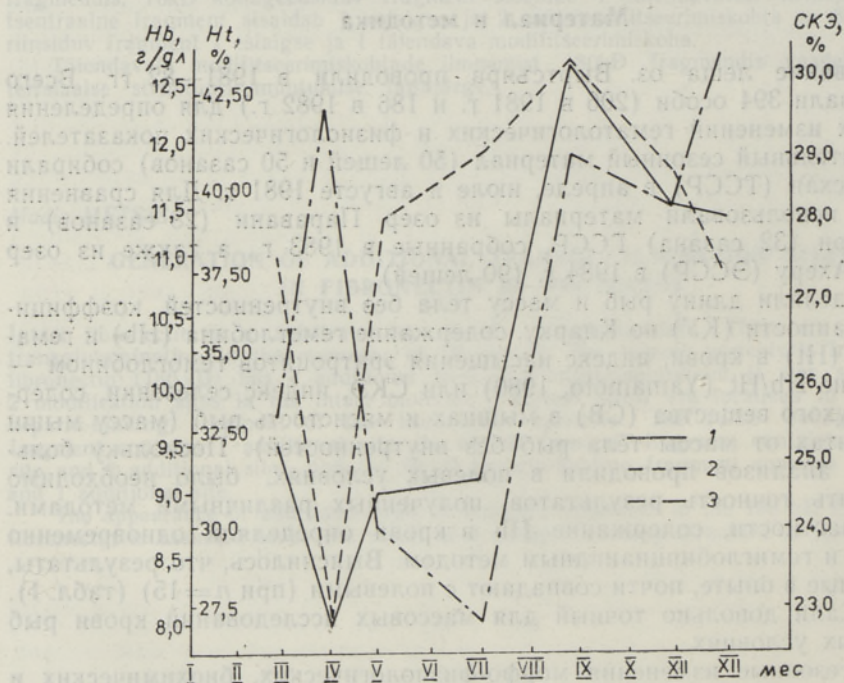


Рис. 1. Сезонные изменения гематологических показателей леща из оз. Вуртсъярв. 1 — Нб в крови, 2 — Нт, 3 — индекс насыщения эритроцитов гемоглобином (СКЭ).

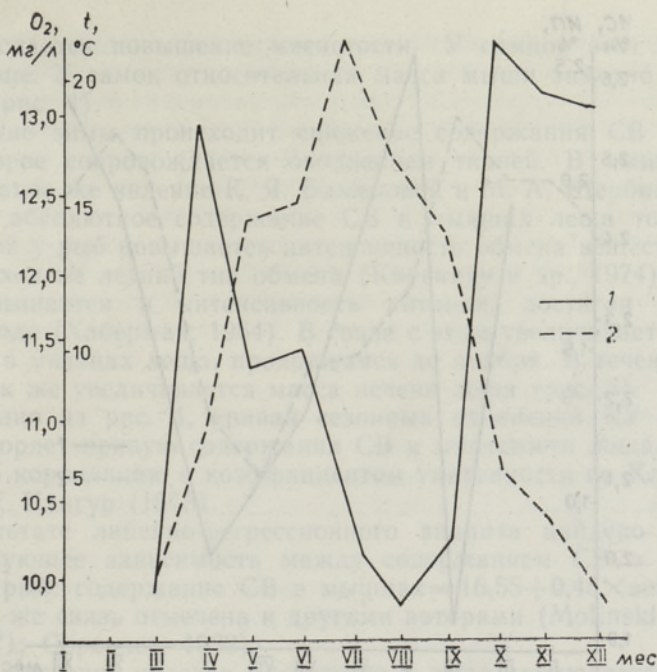


Рис. 2. Сезонная динамика содержания кислорода (1) и температуры воды (2) в оз. Вуртсъярв в 1982 г.

Особенно заметные изменения в исследуемых показателях наблюдаются в ледоход, когда резко увеличивается содержание кислорода в воде. В это время происходит интенсивное дозревание гонад леща. В полости леща наблюдается полная резорбция жира — на энергетические нужды начинают использоваться не только белки тела, но и белки крови (Кирсипуу, 1978). Резкое снижение H_t в апреле, по нашему мнению, связано со снижением интенсивности гемопоэза (резко снижается относительная масса селезенки, рис. 3) и с разжижением крови. Оно происходит параллельно с небольшим снижением H_b в крови, что вызывает увеличение СКЭ.

В августе 1983 г. средняя концентрация H_b в крови леща из оз. Ахеру была $11,37 \pm 0,28$ г/дл, H_t $41,67 \pm 1,15\%$ и СКЭ $27,41 \pm 0,57\%$; а у леща из оз. Корн — $9,57 \pm 0,44$ г/дл, $33,26 \pm 1,57\%$, $27,98 \pm 0,94\%$; те же показатели в оз. Вуртсъярв $11,27 \pm 0,33$ г/дл, $42,14 \pm 1,21\%$ и $25,9 \pm 0,78\%$.

Иная картина наблюдается в оз. Ясхан. Максимальное содержание H_b в крови леща (карликовая форма) в апреле было $11,04 \pm 0,39$, в июле снизилось до $8,69 \pm 0,25$, в октябре увеличилось до $9,49 \pm 0,24$ г/дл. Амплитуда колебаний содержания H_b в течение года значительно ниже, чем у вуртсъярвского леща. Таким образом, в одни и те же периоды годового биологического цикла гематологические показатели леща отличаются друг от друга в обоих водоемах. Аналогичные различия отмечены и по некоторым другим показателям леща из этих двух озер (Кирсипуу, Лаугасте, 1981). Так, в период нереста (середина апреля) у ясханского леща наблюдается более высокое содержание H_b (в среднем 11 г/дл), чем у вуртсъярвского в середине мая (9 г/дл).

Наименьшее содержание СВ в мышцах леща наблюдалось в апреле — $17,45\%$ (рис. 4). В течение лета происходит заметное увеличение этого показателя с максимумом в ноябре ($20,85\%$). Во время нереста, в мае, изменения в содержании СВ были незначительные: $18,46$ в начале и $18,26\%$ в конце месяца.

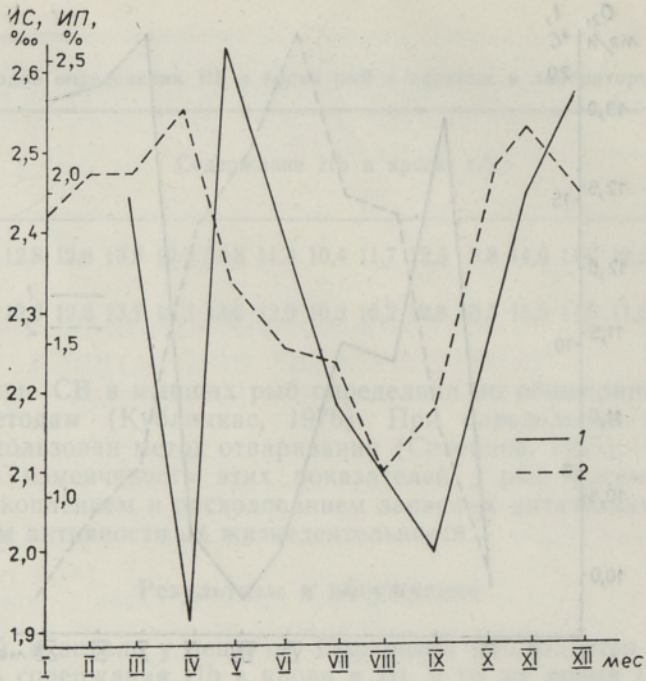


Рис. 3. Сезонный цикл изменений индекса печени (1 — ИП) (Лаугасте, 1978) и индекса селезенки (2 — ИЗ) у леща из оз. Вуртсъярв.

Заметных половых различий в содержании СВ в мышцах у леща не обнаружено, у самок оно составляет в среднем $19,89 \pm 0,55$, у самцов — $19,30 \pm 0,45\%$.

Мясистость леща была в среднем $63,6 \pm 0,7\%$. Изменения в течение года наблюдаются и здесь (рис. 4). Минимальное значение этого показателя отмечено в апреле ($59,1\%$), максимальное — в мае ($67,3\%$). В течение зимы мясистость леща существенно не изменяется. Резкое падение этого показателя происходит в апреле. После нереста, в конце

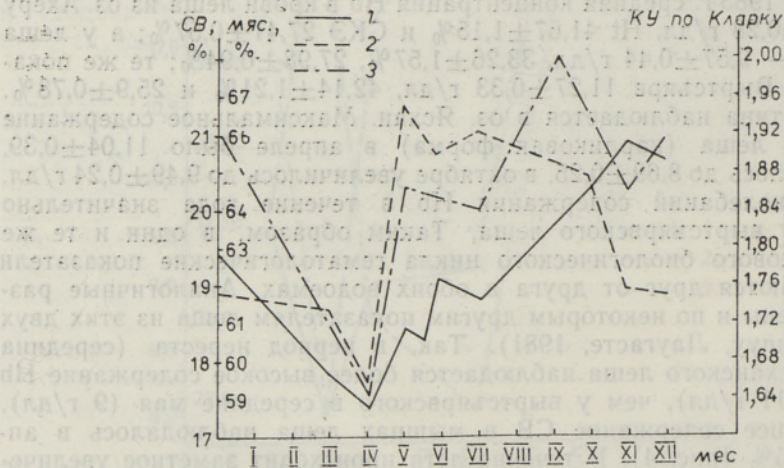


Рис. 4. Сезонные изменения леща из оз. Вуртсъярв. 1 — содержание СВ в мышцах, 2 — мясистость, 3 — коэффициент упитанности (КУ) по Кларку.

мая, наблюдается повышение мясистой. У самцов этот показатель обычно выше. У самок относительная масса мышц заметно снижается в апреле (рис. 4).

В течение зимы происходит снижение содержания СВ в мышцах леща, которое сопровождается оводнением тканей. В мышцах карпа отмечено такое же явление К. Я. Баженовой и М. А. Щербиной (1975). При этом, абсолютное содержание СВ в мышцах леща тоже снижается. Весной у рыб повышается интенсивность обмена веществ и происходит переход на летний тип обмена (Кирсипуу и др., 1974). В это же время повышается и интенсивность питания, достигая максимума в июне—июле (Хаберман, 1964). В связи с этим увеличивается и содержание СВ в мышцах леща, продолжаясь до ноября. В течение осенних месяцев так же увеличивается масса печени леща (рис. 3).

Как видно из рис. 4, кривая сезонных изменений КУ по Кларку почти повторяет кривую содержания СВ и мясистой леща. Эту положительную корреляцию с коэффициентом упитанности по Кларку отмечает и А. К. Кангур (1975).

В результате линейно-регрессионного анализа найдено уравнение, характеризующее зависимость между содержанием СВ в мышцах и возрастом рыб: содержание СВ в мышцах = $16,55 + 0,48 \times \text{возраст}$ в годах. Такая же связь отмечена и другими авторами (Molinski и др., 1978; Мороз, 1971; Сорвачев, 1982).

Резкое снижение индекса мясистой у леща наблюдается в апреле. Очевидно, в это время происходит полное расходование резервного жира, в результате чего начинается расходование белка на энергетические нужды. У карпа такое же явление отмечено Г. Д. Поляковым (1958).

Индекс мясистой у самок леща снижается в апреле значительно больше, чем у самцов, что можно объяснить быстрым развитием икры в этот период. Увеличение относительной массы мышц непосредственно после нереста можно объяснить началом активного питания и роста леща. В летний период относительная масса мышц остается почти неизменной, перед зимовкой отмечено ее снижение. Очевидно, это связано с накоплением запасных веществ в теле леща. Накопленный в нагульный период жир в полости тела является главным резервом в зимний период. В это же время, в осенне-раннезимний период, отмечено и довольно интенсивное развитие гонад леща, особенно у самцов. **Сазан.** У самцов в озерах Паравани и Джандари содержание Нб несколько выше, чем у самок (табл. 2). Половых различий в СКЭ не

Таблица 2

Гематологические показатели крови у самок и самцов сазана из разных водоемов в июле (средние размеры рыб 29—31 см)

Признак	Пол	Водоемы					
		оз. Ясхан	n	оз. Джандари	n	оз. Паравани	n
Нб, г/дл	самцы	12,15±0,42	17	12,65±0,35	12	12,70±0,37	14
	самки	11,34±0,27	25	12,79±0,21	30	11,32±0,42	14
Нт, %	самцы	—		36,36±1,21	11	44,92±1,10	13
	самки	—		43,11±1,07	26	36,78±1,90	13
СКЭ, %	самцы	—		31,62±0,96	11	28,20±0,65	13
	самки	—		31,06±0,85	26	30,94±1,04	13
Число эритроцитов, 10 ⁶ /мм ³	самцы	—		—		1,56±0,05	14
	самки	—		—		1,46±0,07	14

обнаружено. Число эритроцитов и уровень Ht у самцов из оз. Паравани достоверно выше, чем у самок. У сазана из оз. Джандари картина крови противоположная. Здесь достоверных различий в гематологических показателях не наблюдалось. Это может быть связано с тем, что Паравани — горное озеро с постоянно низкой температурой воды, в то время как вода оз. Джандари в течение всего года теплая. Как известно, в экстремальных условиях жизни половые различия исчезают.

Карп. Значения всех исследованных признаков у трехгодовалых карпов достоверно увеличивались с мая до октября (табл. 3). У одновозрастных рыб (3+) не найдено половых различий в содержании Hb крови (10,75 у самок и 10,68 г/дл у самцов), Ht у самцов был выше, чем у самок (43,4 и 40,9%), а СКЭ у самок выше, чем у самцов (26,2 и 24,7 г/дл соответственно).

Таблица 3

Сезонные изменения гематологических показателей у карпа

Показатели	май	июль	октябрь
Hb, г/дл	8,98±0,22	10,61±0,40	12,13±0,23
Ht, %	40,63±0,78	41,04±1,42	43,95±0,76
СКЭ, %	22,0±0,40	26,19±0,48	27,74±0,35
<i>n</i>	24	24	28

Тот факт, что у карповых рыб гематологические показатели (содержание Hb в крови и Ht) выше у самцов, подтверждают многие авторы (Siddiqui, Naseem, 1979; Fourie, Hattingh, 1976; и др.). Мнения о направленности сезонных изменений этих показателей различны. Содержание Hb в крови не зависит от активности рыб и влияния среды (Pérez, 1980). На основе наших данных можно сделать вывод, что физиологические показатели рыб имеют четко выраженную сезонную динамику (Кирсипуу и др., 1984). С. Мурачи (Murachi, 1969) утверждает, что Hb и Ht у карпа в зимний период ниже, чем весной в мае, а СКЭ зимой больше, чем весной. А. Хюстон и М. де Вайльд (Houston, De Wilde, 1972) сообщают, что Ht является надежным показателем гематологического статуса карпа и находится в тесной связи с содержанием Hb и количеством эритроцитов в крови. И по нашим данным, между содержанием Hb и уровнем Ht наблюдается высокая положительная корреляция ($r=0,723$ при $n=75$). Эти же авторы утверждают, что между содержанием Hb и Ht крови и массой рыб нет корреляционной связи. Исследование отдельных весовых групп трехгодовалого карпа из рыбхоза Вагула (ЭССР) показало, что Ht увеличивается с мая до октября в пределах каждой весовой группы. Это показали и наши экспериментальные работы с карпом (Райк, Лаугасте, 1983), где при выращивании одновозрастных групп рыб при различных температурах воды не было обнаружено закономерных изменений в уровнях Ht. И на основании анализов разновозрастных лещей из природной популяции можно сказать, что Ht увеличивается с апреля до сентября. По мере созревания гонад леща весной в каждой возрастной группе начинает уменьшаться Ht у самцов и самок, достигая минимума в апреле — мае. Многолетние исследования показывают, что падение содержания Hb и Ht в крови особенно заметно у леща во время нереста. Низкие значения Hb и СКЭ у леща в июне—июле (у обоих полов в среднем 9—10 г/дл Hb и 22—23% СКЭ) совпадают с максимальной температурой воды и минимальным содержанием кислорода. В жизни рыб это совпадает с активным периодом роста, когда интенсифицируется и эри-

тропоз. В искусственных условиях при ухудшении кислородных условий у лососевых рыб срабатывает компенсаторный механизм, проявляющийся в увеличении содержания Hb и числа эритроцитов в крови при одновременном уменьшении величины СКЭ (Глаголева, 1977). При дальнейшем ухудшении условий Hb и число эритроцитов начинает снижаться. В природе этот механизм ограничивается обычно первой фазой. К зимнему периоду содержание Hb в крови у карповых рыб увеличивается. На это указывают и другие исследователи (Смирнова, 1978; Cech, Wohlschlag, 1982). За увеличенным содержанием Hb следует повышение СКЭ, т. е. повышается кислородная емкость крови.

Выводы

1. Обнаруженные четкие сезонные изменения морфофизиологических и гематологических показателей карповых рыб тесно связаны с сезонными изменениями факторов среды (главным образом температурой воды и содержанием кислорода), а также с характером созревания гонад и нагула.
2. В течение лета и в первой половине осени у исследованных видов происходит увеличение содержания Hb в крови, в значении Ht и СКЭ, а также увеличение относительной массы мышц и содержания в них СВ.
3. Весной (в марте—апреле), при созревании гонад происходит резкое истощение организма рыб — расходуется жир в полости тела, снижается мышечная масса, увеличивается обводненность мышц, снижается содержание Hb в крови и значение Ht.
4. В течение весенних и летних месяцев у самцов леща и сазана по сравнению с самками отмечается более высокое содержание Hb в крови и мясистость.
5. Содержание СВ в мышцах повышается по мере увеличения возраста леща.

ЛИТЕРАТУРА

- Баженова К. Я., Щербина М. А. Химический состав мышц сеголетков карпа в период зимовки. — Гидробиол. ж., 1975, 2, № 1, 79—82.
- Глаголева Т. П. Гематологический анализ молоди балтийского лосося при искусственном воспроизводстве. Рига, 1977.
- Кангур А. К. Физиолого-биохимические особенности годового цикла леща из озера Выртсьярв. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1975, 24, № 1, 72—82.
- Кирсипуу А. Сезонные изменения концентрации белков в сыворотке крови у леща. — В кн.: Сезонные явления в биологии внутренних вод. Тарту, 1978, 146—158.
- Кирсипуу А., Лаугасте К. О физиологических особенностях ясанского леща. — В кн.: Продукционно-биологические особенности и условия обитания рыб в озере Ясхан Туркменской ССР. Таллин, 1981, 90—96.
- Кирсипуу А., Лаугасте К., Кангур А. Связь сезонных изменений в белковой картине печени и биохимическом составе мышц с обменом веществ у леща. — В кн.: Биология пресноводных организмов Эстонии. Тарту, 1974, 184—198.
- Кирсипуу А. И., Райк И. П., Лаугасте К. Э. Применение физиологических индикаторов в экологических исследованиях популяций рыб. — В кн.: Вид и его продуктивность в ареале III. Рыбы. Свердловск, 1984.
- Кублицкас А. К. Методика изучения жировых запасов, мясистости и весовых соотношений частей тела рыб. — В кн.: Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Вильнюс, 1976, 104—109.
- Лаугасте К. Сезонные изменения содержания гликогена в гепатоцитах леща и его связь с продукционно-биологическими свойствами. — В кн.: Сезонные явления в биологии внутренних вод. Тарту, 1978, 159—168.
- Мороз И. З. Динамика обмена веществ у карпа в период зимовки. — Вопр. ихтиол., 1971, 2, 4(69), 702—707.
- Поляков Г. Д. Истощение как одна из причин гибели сеголетков карпа во время зимовки. — В кн.: Труды совещания по физиологии рыб. М., 1958, 255—269.

- Райк И. П., Лаугасте К. Э. Влияние температуры на некоторые морфо-физиологические показатели карпа. — В кн.: Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики. Псков, 1983, 137—139.
- Сиверцов А. Весовое соотношение частей тела прудовых рыб. — Рыбоводство и рыболовство, 1965, № 6, 16.
- Смирнова Л. И. Состояние крови рыб и оценка природной среды. — Биологические методы оценки природной среды. М., 1978, 244—257.
- Сорвачев К. Ф. Основы биохимии питания рыб. (Эколого-биохимические аспекты). М., 1982, 1—247.
- Хаберман Х. Х. Лещ в Эстонской ССР. Автореф. канд. дис. Тарту, 1964, 1—23.
- Cech, J., Wohlschlag, D. Seasonal patterns of respiration, gill ventilation and hematological characteristics in the striped mullet, *Mugil cephalus*. — Bull. Mar. Sci., 1982, 32, N 1, 130—138.
- Fourie, P., Hattingh, J. A seasonal study of the haematology of carp (*Cyprinus carpio*) from a locality in the Transvaal, South Africa. — Zool. Afr., 1976, 11, 75—80.
- Houston, A., De Wilde, M. Some observations upon the relationship of microhaematocrit values to haemoglobin concentrations and erythrocyte numbers in the carp *Cyprinus carpio* L. and brook trout *Salvelinus fontinalis* M. — J. fish biol., 1972, 4, N 1, 109—115.
- Molinski, M., Penczak, T., Bykowska-Madej, A. Materials for the ecology of the dace, *Leuciscus leuciscus* (L.), from a polluted river in the region of the barbel (the River Pilica). 2. Dry weight, ash, and content of some metals. — Acta hydrobiol., 1978, 20, N 1, 87—96.
- Murachi, S. Haemoglobin content, erythrocyte sedimentation rate and haematocrit of the blood in the young of the carp (*Cyprinus carpio*). — J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., 1959, 2, 241—247.
- Pérez, J. Environment, activity and blood parameters in fish. — In: JCSEB-II: Abstr. 2nd Int. Congr. Syst. and Evol. Biol., Vancouver, July 17—24, 1980. Vancouver, 1980, 384—401.
- Siddiqui, A., Naseem, S. Seasonal changes in the blood parameters of two major carps, *Labeo rohita* (Ham.) and *Cirrhina mrigala* (Ham.) — Folia Haem., 1979, 106, N 3, 435—443.
- Yamamoto, K., Itazawa, Y., Kobayashi, H. Supply of erythrocytes into the circulating blood from the spleen of exercised fish. — Comp. Biochem. Physiol., 1980, A 65, 5—11.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
7/XII 1984

Ivar RAIK, Lea TUVIKENE

MORFOFÜSIOLOOGILISTE JA HEMATOLOOGILISTE TUNNUSTE SESOONSEST MUUTLIKKUSEST KARPLASTEL

Artiklis on käsitletud mõnede morfofüsioloogiliste ja hematoloogiliste näitajate (liha-saagis, lihase kuivainesisaldus, tusedusindeks Clarki järgi, vere hemoglobiinisaldus, hematokrit ja küllastusindeks) sesoonset dünaamikat erinevatest areaali piirkondadest pärineval latikal, sasaanil ja karpkalal, kusjuures põhirõhk on Võrtsjärve latikal. Nime-tatud tunnuste erinevaid väärtusi kaladel aastase tsükli jooksul püütakse seostada veekogus valitsevate keskkonnatingimuste muutustega, mille hulgast olulisemat mõju avaldavad temperatuur ja vee hapnikusisaldus. Arvestatakse ka gonaadide arengutsükli ja sellega seotud organismi varuainete kasutamist.

Ivar RAIK, Lea TUVIKENE

SEASONAL CHANGES IN THE MORPHOPHYSIOLOGICAL AND HAEMATOLOGICAL PARAMETERS OF CYPRINIDS

The seasonal dynamics of the total mass and the dry weight of muscles blood haemoglobin concentration, haematocrit and saturation index are described in bream, natural and cultured carp occurring in different areas of the USSR. Particular attention has been paid to the bream living in Lake Võrtsjärv. Different values have been obtained during the year, which are found to be closely related with changes in environmental conditions, sexual cycles of fishes and energetic reserves of organisms.