

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.551.21

DOI: 10.36038/0234-2774-2022-23-4-164-185

**РОСТ И ПРОМЫСЛОВЫЙ РАЗМЕР СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ
CARASSIUS GIBELIO (CYPRINIDAE) РЕКИ АМУР**

© 2022 г. Н.Н. Семенченко, Е.В. Островская

*Хабаровский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (ХабаровскНИРО), г. Хабаровск, 680038
E-mail: n.semenchenko@mail.ru*

Поступила в редакцию 29.08.2022 г.

Приведено описание линейного и весового роста серебряного карася р. Амур на основании уравнений роста Берталанффи и Шмальгаузена. Для этого описания был использован материал, собранный в период с 1997 г. по 2022 г. на территории двух районов р. Амур – в водотоках Среднеамурской пойменной системы и в нижней части Нижнего Амура. Основными характеристиками роста серебряного карася является половой диморфизм в показателях роста. Отмечено наличие компенсационного роста. Максимальная наблюденная длина тела (*Ad*) серебряного карася р. Амур 40 см, масса тела 2,1 кг. Найдены различия в показателях линейного, весового роста и скорости роста серебряных карасей, обитающих в водотоках Среднеамурской низменности и в нижней части Нижнего Амура. На основе коэффициентов уравнений роста рассчитаны коэффициенты естественной смертности для каждого года жизни самок и самцов серебряных карасей. Возраст половозрелости самок – 6 лет. Промысловая длина самок серебряного карася Среднеамурской низменности, согласованная с возрастом массового созревания и максимумом биомассы поколений должна быть равной 20 см, в нижней части Нижнего Амура – 23 см.

Ключевые слова: групповой рост, удельная скорость роста, уравнения роста Берталанффи и Шмальгаузена, половой диморфизм, компенсационный рост, естественная смертность, возраст созревания, промысловая мера.

ВВЕДЕНИЕ

В р. Амур серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) основной ресурсобразующий вид пресноводных рыб. В период промысла пресноводных рыб с 1937 г. по 2022 г., среднегодовой улов карася составлял 38,1% (5,53–91,7%) от вылова всех пресноводных рыб. Так как карась является одним из основных промысловых пресноводных видов рыб р. Амур, данные о его росте встречаются в работах многих авторов (Пробатов, 1935; Никольский, 1956; Сысоева, 1958; Васнецов, 1958 и др.). Наиболее полно рост карася в разных районах Амура был рассмотрен А.Г. Дёми-

ной во второй половине XX в. (1974а; 1974б, 1980). Таким образом, последние сведения о росте серебряного карася в р. Амур на территории Хабаровского края были опубликованы более 40 лет назад. За это время изменилась интенсивность промысла пресноводных рыб, значительно изменился и гидрологический режим р. Амур (Семенченко, 2008). Известно, что рост рыб, зависит от условий их существования, определяется абиотическими и биотическими факторами среды (Никольский, 1974; Дгебуадзе, 2001 и др.). Возраст и описание характера роста рыб являются основными характеристиками промысловых видов

рыб. Возрастная структура эксплуатируемой популяции и динамика её по годам промысла является основой многих методов определения запасов пресноводных рыб и определения направления их динамики, т.е. является основой прогнозирования динамики запасов рыб (Деметьева, 1964; Малкин, 1999; Максименко, Антонов, 2003 и др.). Для определения величины промыслового запаса и рационального управления промыслом рыб необходимы знание возраста массового созревания рыб и размера рыб, с которого особи вступают в промысел (промысловый размер).

В связи с чем, целью настоящей работы было описать групповой рост серебряного карася р. Амур, определить коэффициенты естественной смертности, а также дать обоснование его промыслового размера.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использован материал собранный сотрудниками ХабаровскВНИРО (ранее ХфТИНРО) в период с 1997 г. по 2022 г. Материал собирали в пойменной системе Нижнего и Среднего Амура от г. Николаевск-на-Амуре до устья р. Биджан. Для описания роста серебряного карася был определен возраст у 3930 рыб (2897 самок, 877 самцов и 156 молодых карасей в возрасте 1–2 лет, пол которых невозможно было определить визуально).

Для определения возраста серебряного карася использовали метод, основанный на подсчёте годовых колец на чешуе (Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Тюрин, 1963 и др.). Чешую брали с помощью глазного пинцета на левом боку рыбы под началом спинного плавника в 1–2 ряду над боковой линией. Каждую чешую перед тем, как поместить в чешуйную книжку, просматривали, так как чешуя карася часто бывает поврежденной.

При определении возраста за годовое кольцо на чешуе карася принимали наружную границу узких склеритов. Измеряли оральный радиус чешуи и радиус каждого годового кольца (в мм). У каждой рыбы измеряли радиусы годовых колец на 2–3 чешуях. Всего промеряли 9540 чешуй. Определение возраста и измерение радиусов чешуи рыб проведены авторами под биноклем МБС-10 с помощью цифровой камеры-окуляр для микроскопа, модель DCM500. В работе использована длина тела рыб без хвостового плавника (Ad , см) и полная масса тела, г.

Для описания линейного и весового роста рыб, использовали значения длины и массы тела, реконструированные на время закладки годового кольца. Обратный расчёт длины тела карасей проводили на основе метода обратного расчисления роста рыб по чешуе, предложенного Эйнарсом Леа (Lea, 1910). Линейный и весовой рост серебряного карася описали уравнениями роста Л. Бертафффи и И.И. Шмальгаузена (Мина, Клевезаль, 1976; Зыков, 2005 и др.). Значения констант уравнений линейного и весового роста рассчитали методом наименьших квадратов по рассчитанным значениям длины и массы тела рыб в разных возрастах. Для описания темпа роста серебряного карася послужили данные 50652 расчислений длины тела рыб.

Для определения биологических показателей серебряного карася р. Амур, таких как коэффициенты естественной смертности, возраст массового созревания, максимальный возраст рыб, применили метод, разработанный Л.А. Зыковым (2005). Основа этого метода в том, что оценка коэффициентов естественной смертности для каждой возрастной группы карася даётся на основе данных по линейному и весовому росту рыб конкретного водоёма и таким образом

отражает экологические условия существования рыб в изучаемом водоёме. Расчёты проводили на основе уравнения роста И.И. Шмальгаузена (1935).

Для расчётов коэффициентов естественной смертности использовали: коэффициенты b – значение степени в уравнении весового роста ($W_t = a \times T^b$) и коэффициенты уравнений линейного роста И.И. Шмальгаузена ($L_t = m_L \times t^{kL}$). А также значение асимптотической длины (L_∞) рыб (из уравнения линейного роста Берталанффи). Расчёт коэффициентов естественной смертности серебряного карася каждого возраста проводили по формуле:

$\varphi_M(t) = 1 - (a \times t^{kL}) \times (T^{kL} - t^{kL})$ (Зыков, 2005).

Для расчётов использовали пакеты прикладных программ STATISTICA и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во время сбора материала было отмечено, что самых крупных карасей ловили в нижней части Нижнего Амура на территории Удиль-Кизинской низменности и Чля-Орельской впадины. Размеры карасей, обитающих на территории Среднеамурской низменности, были значительно меньше. Известно, что линейные и весовые размеры карася значительно различаются в различных водотоках и даже в разных участках одного водотока (Никольский, 1956; Кириллов, 1972; Дёмина, 1974а; Карасёв, 1987; Шаповалов, Барабанщиков, 2005 и др.). Для того, чтобы сравнить темп роста карасей в этих двух районах, рост карасей Среднеамурской низменности и карасей нижней части Нижнего Амура рассматривали отдельно.

Для многих видов рыб сем. Cyprinidae характерен половой диморфизм в показателях линейного роста (Никольский, 1956; Сысоева, 1958; Дёми-

на, 1980; Семенченко, 2018 и др.). В связи с чем, рост самцов и самок карасей рассматривали отдельно.

Для того, чтобы выявить различия в характере роста самцов и самок карася, а также карасей, обитающих в разных частях ареала использовали результаты обратного расчисления длины тела карасей, рассчитанные на время закладки годового кольца. Метод обратного расчисления роста рыб по чешуе Эйнара Леа (Lea, 1910) основан на том, что чешуя рыбы растёт вместе с ростом её тела. Для того, чтобы проводить обратный расчёт длин тела серебряного карася, были найдены зависимости орального радиуса чешуи (R , мм) от длины тела рыб (Ad , см) (табл. 1).

На основании полученных зависимостей был проведен обратный расчёт длины тела карасей каждого возраста на время закладки годового кольца (табл. 2). Сравнение по критерию Стьюдента длины тела карасей, обитающие на территории Среднеамурской низменности статистически значимо меньше, чем длина тела карасей того же возраста, обитающих в нижней части Нижнего Амура (табл. 2). Таким образом, в нижней части Нижнего Амура обитают более крупные караси.

Для того, чтобы оценить насколько показатели роста, полученные методом обратного расчисления, соответствуют фактическим размерам карася того же возраста, сравнили фактические и расчётные средние значения длины тела (Ad , см) серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура (рис. 1, 2).

Средняя длина тела пойманных карасей несколько больше расчётной за счёт прироста длины тела карасей в течение года. У большинства половозрелых рыб годовое кольцо на чешуе закладывается в апреле-мае (рис. 3).

Таблица 1. Коэффициенты уравнений ($Ad = a \times R^b$) зависимости длины тела (Ad , см) от радиуса чешуи (R , мм) самок и самцов серебряного карася, обитающего на территории Среднеамурской низменности и в нижней части Нижнего Амура

Место обитания	Пол	Коэффициенты		R^2	Кол-во экз.
		среднее $\pm$ ошибка	среднее $\pm$ ошибка		
Среднеамурская низменность	Самки	4,190 $\pm$ 0,035	0,766 $\pm$ 0,004	0,917	4709
	Самцы	4,211 $\pm$ 0,047	0,762 $\pm$ 0,006	0,942	1730
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	4,206 $\pm$ 0,082	0,784 $\pm$ 0,008	0,867	2365
	Самцы	4,441 $\pm$ 0,130	0,751 $\pm$ 0,013	0,920	736

Таблица 2. Расчётная длина тела (Ad , см) карасей Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Пол	Возраст, лет	Среднеамурская низменность		Нижняя часть Нижнего Амура		t -критерий	p -уровень
		Среднее $\pm$ стандартное отклонение	N , экз.	Среднее $\pm$ стандартное отклонение	N , экз.		
Самки	1	4,445 $\pm$ 0,910	4675	5,124 $\pm$ 1,135	2305	-26,988	<0,001
	2	8,041 $\pm$ 1,307	4492	9,160 $\pm$ 1,311	2296	-33,347	<0,001
	3	11,630 $\pm$ 1,764	4240	13,243 $\pm$ 1,582	2284	-36,500	<0,001
	4	14,667 $\pm$ 2,124	3794	16,921 $\pm$ 1,922	2215	-41,081	<0,001
	5	17,264 $\pm$ 2,449	2891	19,988 $\pm$ 1,977	1928	-40,793	<0,001
	6	19,669 $\pm$ 2,715	1663	22,702 $\pm$ 2,006	1594	-36,136	<0,001
	7	21,919 $\pm$ 2,699	730	25,014 $\pm$ 1,937	1270	-29,680	<0,001
	8	23,689 $\pm$ 2,291	269	26,987 $\pm$ 1,794	918	-24,805	<0,001
	9	25,871 $\pm$ 2,204	86	28,840 $\pm$ 1,617	656	-15,277	<0,001
	10	26,569 $\pm$ 3,011	30	30,246 $\pm$ 1,563	436	-11,524	<0,001
	11	28,352 $\pm$ 2,321	14	31,649 $\pm$ 1,531	255	-7,605	<0,001
	12	27,130 $\pm$ 0,267	2	33,046 $\pm$ 1,611	150	-5,174	<0,001
	13	28,291 $\pm$ 0,187	2	34,073 $\pm$ 1,685	79	-4,8236	<0,001
	14	29,000 $\pm$ 0,00	2	34,988 $\pm$ 1,332	17	-6,199	<0,001
	15			37,737 $\pm$ 0,110	2		
	16			38,208 $\pm$ 0,053	2		
Самцы	1	4,491 $\pm$ 0,967	1696	4,949 $\pm$ 1,093	677	-10,029	<0,001
	2	7,976 $\pm$ 1,289	1538	9,045 $\pm$ 1,291	671	-17,930	<0,001
	3	11,527 $\pm$ 1,838	1339	13,145 $\pm$ 1,582	666	-19,418	<0,001
	4	14,495 $\pm$ 2,233	1189	16,799 $\pm$ 1,952	625	-21,780	<0,001
	5	16,988 $\pm$ 2,713	841	19,917 $\pm$ 2,146	530	-21,045	<0,001
	6	19,252 $\pm$ 2,812	434	22,399 $\pm$ 2,132	400	-18,098	<0,001

Таблица 2. Окончание

Пол	Возраст, лет	Среднеамурская низменность		Нижняя часть Нижнего Амура		<i>t</i> -критерий	<i>p</i> -уровень
		Среднее $\pm$ стандартное отклонение	<i>N</i> , экз.	Среднее $\pm$ стандартное отклонение	<i>N</i> , экз.		
Самцы	7	20,750 $\pm$ 2,783	158	24,612 $\pm$ 1,801	246	-16,941	<0,001
	8	22,212 $\pm$ 2,817	60	26,516 $\pm$ 1,636	133	-13,343	<0,001
	9	23,742 $\pm$ 2,499	14	28,407 $\pm$ 1,681	74	-8,755	<0,001
	10	26,650 $\pm$ 1,559	4	28,867 $\pm$ 1,500	34	-2,786	<0,01
	11			29,842 $\pm$ 0,913			
	12			30,955 $\pm$ 0,494			
	13			32,006 $\pm$ 0,243			

Примечание: Здесь и в табл. 7, 10, 14, 15: *t*-критерий – расчётные значения *t*-критерия Стьюдента; *p*-уровень – уровень значимости для *t*-критерия.

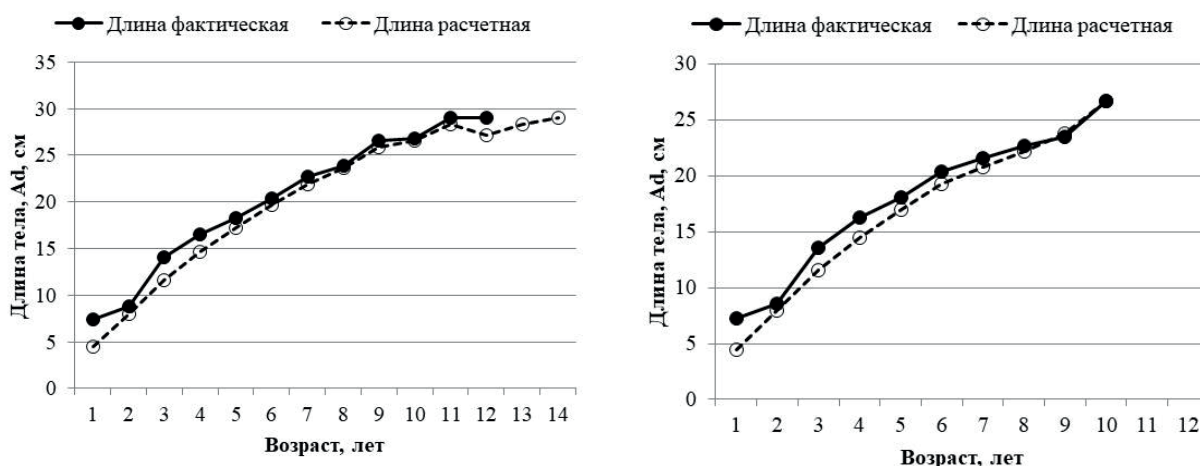


Рис. 1. Фактическая и расчётная длина тела (см) серебряного карася разного возраста Среднеамурской низменности.

Известно, что у некоторых видов рыб закладка годовых колец вызвана весенним возобновлением роста (Лапин, 1965; Дгебуадзе, 2001; Wallin, 1957 и др.). Так, видимо, происходит у неполовозрелых карасей. Известно также, что у половозрелых рыб замедление роста происходит в период нереста (Дгебуадзе, 2001; Семенченко, 2018). Вымет икры у карася проходит в 2–3 приёма. В Амуре нерест карася начинается в мае и про-

должается в зависимости от гидрологических условий иногда до августа. Первая порция икры самая большая, вымётывает её карась обычно в мае. В связи с чем, в мае начинается у большинства карасей весеннее возобновление роста. Так как нерест может продолжаться вплоть до августа, то и возобновление роста у меньшей части карасей происходит позже (рис. 3). Различия в средних значениях фактической и расчётной

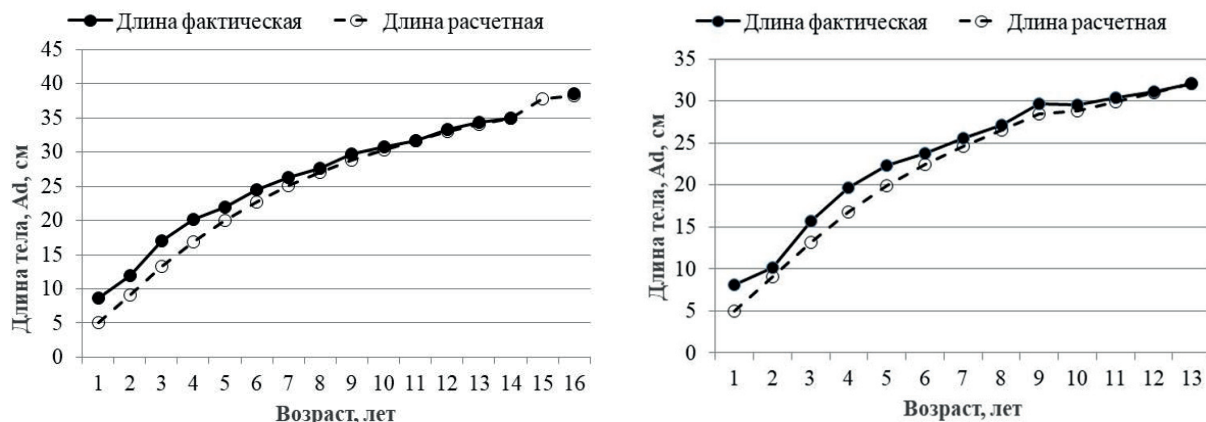


Рис. 2. Фактическая и расчетная длина тела (см) серебряного карася разного возраста нижней части Нижнего Амура.

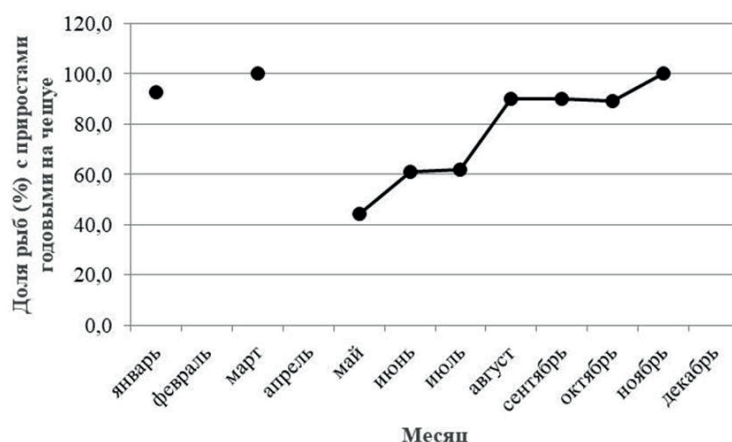


Рис. 3. Доля рыб (%) с новыми приростами после годового кольца на чешуе (самки возрастом от 5 до 14 лет, Среднеамурская низменность).

длинами тела серебряных карасей зависят от времени поимки рыб и времени закладки годового кольца. Карасей ловили в течение года с января по ноябрь.

Для описания линейного роста серебряного карася использовали значения длины тела, реконструированные на время закладки каждого годового кольца. Зависимость длины тела рыб (L_t , мм) от возраста t описали уравнениями роста Л. Берталанффи (табл. 3) и И.И. Шмальгаузена (табл. 4), а также рассчитали удельную скорость роста.

Уравнение линейного роста Л. Берталанффи:

$$L_t = L_{\infty} \times [1 - e^{-K \times (t - t_0)}];$$

где L_{∞} – асимптотические значения длины (см), K – коэффициент роста Бродди, t_0 – теоретический возраст (лет) в котором рыба имела бы нулевую длину, если бы всегда росла в соответствии с этой зависимостью (Мина, Клевезаль, 1976, Рикер, 1979 и др.).

Как известно, длина и вес рыб к концу жизни увеличивается всё медленнее, приближаясь к своим предельным (асимптотическим) значениям, не превышая их (Мина, Клевезаль, 1976). Асимптотические размеры рыб (L_{∞}), яв-

Таблица 3. Коэффициенты уравнений роста Берталанффи, описывающих линейный рост самок и самцов серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место лова	Пол	Коэффи- циенты	Среднее	Ошибка среднего	Пределы		R^2	Число случаев
					нижний	верхний		
Среднеамурская низменность	Самки	L_{∞}	39,581	0,522	38,558	40,603	0,896	22890
		K	0,114	0,002	0,110	0,119		
		t_0	-0,027	0,011	-0,049	-0,004		
	Самцы	L_{∞}	34,297	0,803	32,724	35,871	0,877	7273
		K	0,136	0,005	0,126	0,146		
		t_0	-0,008	0,021	-0,049	0,032		
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	L_{∞}	42,042	0,213	41,624	42,459	0,957	16407
		K	0,129	0,001	0,127	0,132		
		t_0	0,036	0,009	0,017	0,055		
	Самцы	L_{∞}	39,177	0,518	38,161	40,193	0,943	4079
		K	0,143	0,003	0,136	0,149		
		t_0	0,099	0,019	0,062	0,136		

ляются довольно значимым признаком вида, так как отражают характеристику его роста в определенных условиях среды, необходимы для определения возраста полового созревания и коэффициентов естественной смертности (Зыков, 2005), т.е. основных показателей, от которых зависит динамика численности вида.

Наблюдённые максимальные размеры карася бассейна р. Амур известны для карасей оз. Ханка, хотя и различаются у разных авторов. Так, по данным Н.П. Новикова с соавторами (2002) в оз. Ханка караси достигают длины 45 см и массы более 2 кг, по данным А.А. Горяинова с соавторами (2014) максимальная длина карасей в этом озере 39 см и масса 1,5 кг. Электронная база данных по биологическим показателям серебряного карася р. Амур (архив ХабаровскНИРО) содержит сведения о более чем 61,2 тыс. карасей, пойманных в период с 1940 г. по 2022 г. в р. Амур от

г. Благовещенска до Амурского лимана. В таблице 4 приведены максимальные размеры карасей, а также где и когда были пойманы эти рыбы.

Определение асимптотической длины тела (L_{∞}), обитающих в р. Амур серебряных карасей проводили не только по уравнению роста Берталанффи, но и с помощью построения диаграммы Форда-Вальфорда (табл. 5).

Максимальная зарегистрированная длина тела (Ad , см) серебряного карася р. Амур – 40 см, максимальная масса тела – 2100 г. (табл. 4, 5).

Максимальная длина тела карасей, обитающих в нижней части Нижнего Амура больше, чем карасей Среднеамурской низменности (табл. 5).

Рост рыб часто описывают уравнением степенной зависимости длины тела от возраста, которое называют уравнением роста И.И. Шмальгаузена. Уравнение роста И.И. Шмальгаузена (Шмальгаузен, 1935):

Таблица 4. Наблюдённые максимальные размеры серебряного карася р. Амур

№	Место поимки	Дата	Длина тела, Ad , см	Масса тела, г	Пол
1	Пр. Ухта, оз. Удыль	06.09.1959	40,0	1820	самка
2	Пр. Мариинская, оз. Кизи	13.06.2019	40,0	1546	самка
3	Пр. Мариинская, оз. Кизи	13.06.2019	40,0	1598	-
4	Пр. Мариинская, оз. Кизи	13.06.2019	40,0	1604	-
5	Пр. Пальвинская, оз. Орель	23.09.2002	39,0	1880	самка
6	Оз. Орель	29.05. 2001	39,5	1712	самка
7	р. Амгунь, устье	26.05.2005	36,8	1948	самка
8	р. Амур, с. Тахта	15.07.2004	38,3	2100	самка
9	р. Амур, с. Тахта	31.07.2004	38,6	1474	самец
10	р. Амур, с. Тахта	28.10.2003	36,0	1420	самец
11	Пр. Пальвинская, оз. Орель	23.09.2002	36	1495	самец
12	р. Амур, с. Тахта	31.07.2004	36	1420	самец

Таблица 5. Максимальная (асимптотическая) расчётная и наблюдённая длины тела (L_{∞}) серебряных карасей р. Амур в двух районах обитания

Место обитания	Пол	Максимальная длина тела, Ad , см		
		По Берталанффи	По Форду-Вальфорду	Наблюдённая
Среднеамурская низменность	Самка	39,58	39,65	36
	Самец	34,30	32,7	31,5
Нижняя часть Нижнего Амура	Самка	42,04	42,3	40,0
	Самец	39,18	37,3	38,6

$$L_t = m_L \times t^{kL} :$$

где t – возраст рыб, m_L и kL константы.

Биологический смысл коэффициентов этого уравнения также представляют интерес. Так константа m_L – численно характеризует длину рыбы в возрасте 1 года (годовика). Расчётные значения длины тела карасей в возрасте 1 года (таблицы 2 и 3) и константы m_L уравнений роста И.И. Шмальгаузена (табл. 6) соответствуют наблюдённым размерам карасей в возрасте одного года. В наших уловах, а также в архиве ХабаровскНИРО есть данные о

размерах около 2 тыс. сеголеток карася, пойманных в октябре-ноябре. Молодь ловили сетями с шагом ячеи 10–20 мм, мальковыми неводами, сачками и мальковыми волокушами. Длина (Ad) сеголеток в уловах варьирует от 1,5 см до 8 см. Средняя длина тела сеголеток, пойманных в разные годы в р. Амур – 4,2 см (рис. 4). Молоди, с длиной тела больше 5 см значительно меньше. Карась в течение лета вымётывает несколько порций икры. По сообщению Н.М. Шлапаковой (Дёмина, 1980), длина тела молоди карасей от нереста, который проходил с 27 мая по 5 июня в прудах Шаргинского нерестово-вы-

ростного хозяйства Хабаровского края в 1971 г., в конце сентября колебалась от 5 до 8 см. Молодь карасей от второго нереста (конец июня–начало июля) к зиме достигала длины 3,5–4,5 см. Молодь карасей от третьего нереста (конец июля–начало августа) к зиме вырастала только до 1,5–2,5 см. Видимо нерест серебряного карася в р. Амур

проходит в основном в конце июня–начале июля, так как молоди карасей от первого и третьего нерестов значительно меньше (рис. 4).

Одним из основных показателей, характеризующих рост, является удельная скорость роста. Удельную скорость роста (c) рассчитали по формуле Шмальгаузена и Броди (Мина, Клевезаль, 1976) (табл. 7):

Таблица 6. Коэффициенты уравнений роста И.И. Шмальгаузена ($Lt=mL \times t^{kL}$), описывающие линейный рост самок и самцов серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место обитания	Пол	Коэффициенты	Среднее	Ошибка среднего	R^2	Число случаев
Среднеамурская низменность	Самки	mL	4,800	0,016	0,892	22890
		kL	0,788	0,002		
	Самцы	mL	4,797	0,029	0,873	7273
		kL	0,777	0,004		
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	mL	6,138	0,018	0,946	16407
		kL	0,708	0,002		
	Самцы	mL	5,792	0,036	0,932	4079
		kL	0,742	0,004		

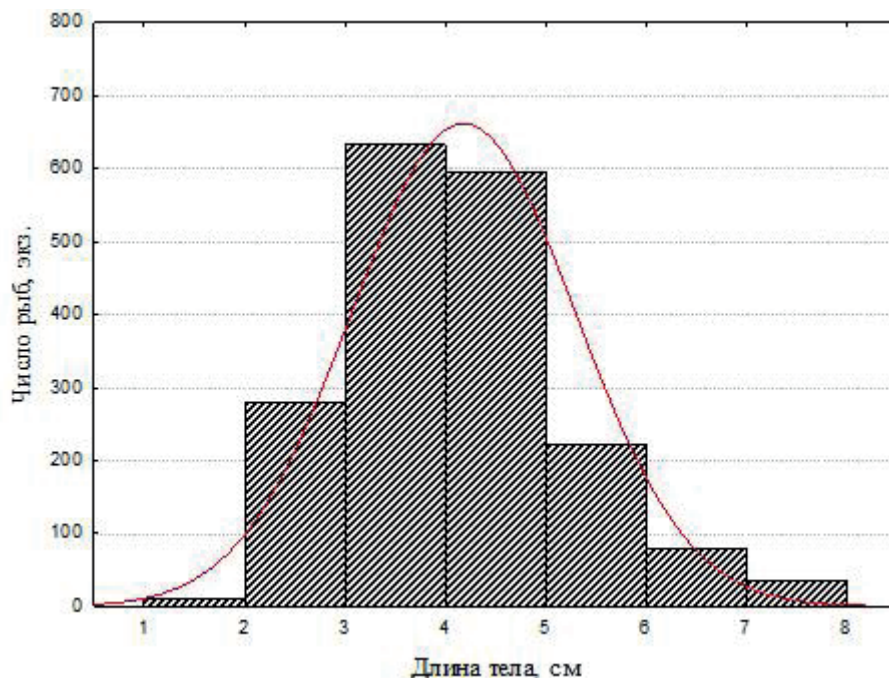


Рис. 4. Распределение по длине тела (Ad , см) сеголеток серебряного карася, пойманных в октябре–ноябре.

$$c = (lgL_n - lgL_0)/0,4343 \times (t_n - t_0);$$

где L_n – размер рыбы в конечный момент времени t_n ; L_0 – размер рыбы в начальный момент времени t_0 .

Удельная скорость роста, как самок, так и самцов серебряных карасей ниж-

ней части Нижнего Амура больше, чем удельная скорость роста карасей Среднеамурской низменности. Эти различия статистически значимы для рыб в возрасте от 1 года до 7 лет.

У серебряного карася, так же как у других рыб Амура (Семенченко, 2018,

Таблица 7. Удельная скорость роста самцов и самок амурского серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Пол	Год роста	Среднеамурская низменность		Нижняя часть Нижнего Амура		<i>t-критерий</i>	<i>p-уровень</i>
		Среднее ± стандартное отклонение	N, экз.	Среднее ± стандартное отклонение	N, экз.		
Самки	1	1,471 ± 0,203	4675	1,611 ± 0,214	2305	-26,988	<0,001
	2	0,603 ± 0,128	4492	0,595 ± 0,130	2296	-26,508	<0,014
	3	0,367 ± 0,074	4240	0,372 ± 0,075	2284	2,446	<0,014
	4	0,240 ± 0,048	3794	0,249 ± 0,046	2215	-2,456	<0,001
	5	0,174 ± 0,036	2891	0,182 ± 0,036	1928	-7,192	<0,001
	6	0,131 ± 0,027	1663	0,135 ± 0,027	1594	-7,371	<0,001
	7	0,104 ± 0,023	730	0,107 ± 0,023	1270	-3,739	<0,028
	8	0,084 ± 0,020	269	0,084 ± 0,018	918	-2,193	0,963
	9	0,070 ± 0,016	86	0,069 ± 0,014	656	0,843	0,400
	10	0,060 ± 0,013	30	0,056 ± 0,013	436	1,441	0,150
	11	0,046 ± 0,011	14	0,047 ± 0,011	255	-0,324	0,746
	12	0,045 ± 0,010	2	0,038 ± 0,010	150	1,023	0,308
	13	0,042 ± 0,003	2	0,031 ± 0,008	79	1,907	0,060
	14	0,025 ± 0,007	2	0,025 ± 0,006	17	-0,058	0,954
Самцы	1	1,480 ± 0,210	1696	1,576 ± 0,215	677	-9,978	<0,001
	2	0,587 ± 0,128	1538	0,618 ± 0,138	671	-4,979	<0,001
	3	0,361 ± 0,075	1339	0,377 ± 0,086	666	-4,414	<0,001
	4	0,236 ± 0,047	1189	0,249 ± 0,053	625	-5,238	<0,001
	5	0,173 ± 0,036	841	0,181 ± 0,040	530	-3,991	<0,001
	6	0,131 ± 0,028	434	0,136 ± 0,026	400	-2,917	<0,004
	7	0,101 ± 0,023	158	0,107 ± 0,022	246	-2,430	<0,015
	8	0,078 ± 0,019	60	0,082 ± 0,016	133	-1,809	0,072
	9	0,062 ± 0,013	14	0,069 ± 0,013	74	-1,723	0,088
	10	0,046 ± 0,021	4	0,053 ± 0,013	32	-0,949	0,349

Примечание: см. табл. 2.

2020) удельная скорость роста средняя за первые пять лет жизни зависит от размеров годовика (табл. 8). Длина тела годовиков серебряного карася как фактическая, так и расчётная различается более чем в 4 раза. Чем крупнее годовик, тем меньше его удельная скорость роста в последующие годы жизни. Обратное соотношение между размерами годовика и удельной скоростью роста в период онтогенеза говорит о наличии у рыб компенсационного роста.

Для пересчёта показателей линейного роста на показатели массы были использованы уравнения зависимости между длиной и массой тела самцов и

самок серебряного карася. Зависимость массы тела от длины тела у рыб описывается уравнением степенной функции: $W_t = c \times L_t^k$ (Шмальгаузен, 1935; Винберг, 1956; Константинов, 1969 и др.), где W_t – полная масса тела рыб в возрасте t , L_t – длина рыб (Ad) в возрасте t , c и k – коэффициенты (табл. 9).

Используя уравнения зависимости массы тела от длины тела карасей (табл. 9) пересчитали данные линейного роста на показатели массы тела (табл. 10).

Масса тела серебряных карасей, как самок, так и самцов всех возрастов, живущих в нижней части Нижнего Амура статистически значимо больше, чем са-

Таблица 8. Коэффициенты уравнений ($C = a - k \times L_1$) зависимостей удельной скорости роста (c) серебряного карася в первые пять лет жизни от длины тела годовиков (L_1 , см)

Место лова	Пол	Коэффициенты	Среднее	Ошибка среднего	R^2	Число случаев
Среднеамурская низменность	Самки	a	-0,044	0,0008	0,540	2891
		k	0,539	0,003		
	Самцы	a	-0,039	0,001	0,460	841
		k	0,511	0,006		
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	a	-0,042	0,0005	0,774	1928
		k	0,562	0,003		
	Самцы	a	-0,049	0,001	0,786	530
		k	0,594	0,006		

Таблица 9. Коэффициенты уравнений зависимости ($W_t = c \times L_t^k$) полной массы тела, (W , г) от длины тела L_p (Ad , см) серебряных карасей Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место лова	Пол	Коэффициенты	Среднее $\pm$ ошибка	R^2	N набл.
Среднеамурская низменность	♀♀	c	$0,061 \pm 0,002$	0,960	4706
		k	$2,765 \pm 0,010$		
	♂♂	c	$0,056 \pm 0,003$	0,967	1727
		k	$2,782 \pm 0,017$		
Нижняя часть Нижнего Амура	♀♀	c	$0,072 \pm 0,004$	0,948	2364
		k	$2,760 \pm 0,016$		
	♂♂	c	$0,126 \pm 0,012$	0,958	736
		k	$2,575 \pm 0,028$		

Таблица 10. Расчётная масса тела (см) карасей Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Пол	Год роста	Среднеамурская низменность		Нижняя часть Нижнего Амура		<i>t</i> -критерий	<i>p</i> -уровень
		Среднее ± стандартное отклонение	N, экз.	Среднее ± стандартное отклонение	N, экз.		
Самки	1	4,113 ± 2,428	4675	7,400 ± 4,879	2305	-37,585	<0,001
	2	20,343 ± 9,596	4492	34,235 ± 13,780	2296	-48,403	<0,001
	3	55,784 ± 23,847	4240	93,058 ± 30,939	2284	-54,097	<0,001
	4	105,217 ± 42,146	3794	182,136 ± 58,153	2215	-59,112	<0,001
	5	164,501 ± 62,524	2891	285,940 ± 77,452	1928	-59,955	<0,001
	6	235,024 ± 84,818	1663	404,034 ± 96,641	1594	-53,104	<0,001
	7	313,911 ± 99,878	730	525,401 ± 109,230	1270	-42,992	<0,001
	8	383,592 ± 95,170	269	645,047 ± 112,301	918	-34,704	<0,001
	9	486,564 ± 104,695	86	772,226 ± 119,098	656	-21,193	<0,001
	10	529,925 ± 147,003	30	879,360 ± 125,84	436	-14,547	<0,001
	11	625,042 ± 134,121	14	995,460 ± 133,732	255	-10,089	<0,001
	12	545,499 ± 14,812	2	1121,276 ± 150,660	150	-5,387	<0,001
	13	612,233 ± 11,145	2	1220,013 ± 164,473	79	-5,194	<0,001
	14	655,435 ± 0,000	2	1308,947 ± 135,968	17	-6,627	<0,001
	15			1606,749 ± 12,897	2		
	16			1662,511 ± 6,364	2		
Самцы	1	4,095 ± 2,768	1696	8,501 ± 5,109	677	-26,959	<0,001
	2	19,265 ± 9,165	1538	37,982 ± 13,860	671	-37,429	<0,001
	3	53,536 ± 24,238	1339	98,319 ± 30,981	666	-35,418	<0,001
	4	100,820 ± 56,386	1189	184,546 ± 56,386	625	-35,260	<0,001
	5	157,369 ± 68,519	841	284,998 ± 79,417	530	-31,557	<0,001
	6	220,499 ± 82,907	434	383,599 ± 89,464	400	-27,326	<0,001
	7	269,413 ± 91,722	158	485,443 ± 91,052	246	-23,205	<0,001
	8	324,118 ± 115,858	60	586,327 ± 93,720	133	-17,201	<0,001
	9	385,271 ± 115,858	14	699,692 ± 107,903	74	-9,884	<0,001
	10	521,222 ± 84,319	4	727,986 ± 97,760	34	-4,045	<0,001
	11			790,151 ± 62,875	112		
	12			867,158 ± 36,301	7		
	13			944,672 ± 18,417	4		

Примечание: см. табл. 2.

мок и самцов серебряных карасей, живущих на территории Среднеамурской низменности (табл. 10).

Весовой рост серебряного карася описали с помощью уравнений Л. Бер-

таланфи ($W_t = W_\infty \times [1 - e^{-K \times (t - t_0)}]^b$) и И.И. Шмальгаузена ($W_t = d \times T_t^b$) (табл. 11, 12).

Описание зависимости массы тела (W_p , г) рыб от возраста t уравнениями

Таблица 11. Коэффициенты уравнений ($W_t = d \times T^b$) зависимости полной массы тела, (W , г) от возраста T (год) самок и самцов серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура (по расчётным данным массы тела)

Место обитания	Пол	Коэффициенты	Среднее $\pm$ ошибка	R^2	Число случаев
Среднеамурская низменность	Самки	d	$7,903 \pm 0,102$	0,809	22890
		b	$1,873 \pm 0,007$		
	Самцы	d	$7,603 \pm 0,200$	0,765	7273
		b	$1,850 \pm 0,015$		
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	d	$21,092 \pm 0,208$	0,926	16407
		b	$1,621 \pm 0,005$		
	Самцы	d	$21,720 \pm 0,435$	0,897	4079
		b	$1,569 \pm 0,010$		

Таблица 12. Предельная масса тела (W_∞ , г) рассчитанная по уравнению Л. Берталанфи самок и самцов серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место лова	Пол	Среднее $\pm$ Ошибка	R^2	N набл	Предельные значения	
Среднеамурская низменность	♀♀	$1622,7 \pm 3,703$	0,815	22890	1615,4	1630,0
	♂♂	$1096,2 \pm 5,076$	0,770	7273	1086,2	1106,2
Нижняя часть Нижнего Амура	♀♀	$2158,9 \pm 3,158$	0,934	16407	2152,7	2165,1
	♂♂	$1607,9 \pm 5,415$	0,911	4079	1597,2	1618,5

Берталанфи: $W_t = W_\infty \times [1 - e^{-K \times (t - t_0)}]^b$, рассчитывали путём подстановки уравнения линейного роста в соотношение длина-масса. Константа b – значение степени в уравнениях аллометрического соотношения ($W = a \times L^b$).

Расчётная максимальная масса тела карасей соответствует массе тела карасей в наших уловах (табл. 13). Максимальные размеры карасей нижней части Нижнего Амура, как расчётные, так и наблюдаемые, больше чем у карасей Среднеамурской низменности.

Весовой рост рыб, рассчитанный с помощью асимптотической модели роста Берталанфи, описывается S-образной кривой. Скорость весового роста рыб в модели асимптотического роста в течение жизненного цикла изменяется по одновершинной куполоо-

образной кривой. Максимум этой кривой приходится на средние и старшие возрастные группы (Зыков, 2005). В зависимости от скорости весового роста серебряного карася р. Амур, максимум прироста массы тела самок карася Среднеамурской низменности приходится на возраст 9 лет, живущих в нижней части Нижнего Амура – 8 лет. Приросты массы тела самцов Среднеамурской низменности, достигали максимума в 8 лет, приросты массы тела самцов нижней части Нижнего Амура максимальные в возрасте 7 лет (рис. 5).

У многих видов рыб сем. Cyprinidae самки крупнее одновозрастных с ними самцов. О наличии у серебряного карася полового диморфизма существуют разные мнения. Так, Г.В. Никольский (1956) писал, что самки крупнее самцов.

Таблица 13. Максимальные (асимптотические) расчётные (W_{∞} , г) и наблюдаемые массы тела (г) серебряных карасей р. Амур в двух районах обитания

Место обитания	Пол	Максимальная масса тела, A_d , см		
		Расчётная	Место лова и дата	Наблюденная
Среднеамурская низменность	♀♀	1622,7	Оз. Болонь, 08.05.1985 г.	1240
			Зал. Подкова, 16.07.2008	1220
	♂♂	1096,2	Оз. Болонь, 07.05.1956 г.	900
			Р. Симен, 18.07.1955 г.	875
Нижняя часть Нижнего Амура	♀♀	2158,9	Амур, с. Тахта, 15.07.2004 г.	2100
			Оз.Кизи, 13.08.2020 г.	1958
			Устье р. Амгунь. 26.05.2005 г.	1948
	♂♂	1607,9	Р. Амур, с. Тахта, 31.07.2004 г.	1486
			Пос. Тыр, р. Амгунь. 16.10.2004 г.	1410

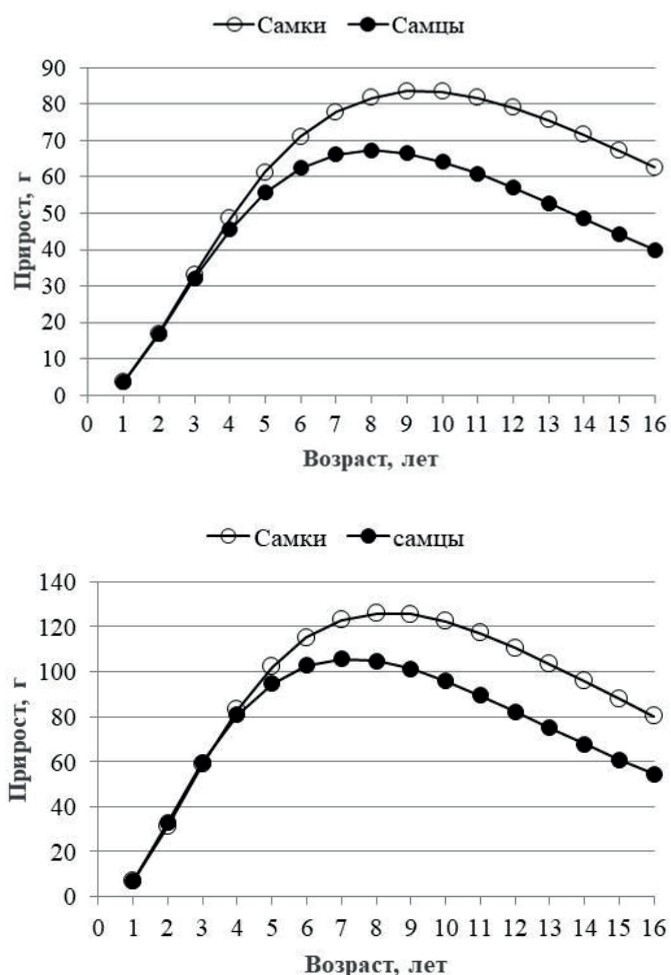


Рис. 5. Абсолютные годовые приросты массы тела серебряных карасей Среднеамурской низменности (вверху) и нижней части Нижнего Амура (внизу).

Другие исследователи считали, что рост самцов карася от роста самок отличается очень слабо, в некоторых случаях нет различий в длине тела самцов и самок карася в одновозрастных группах (Сысоева, 1958). Есть сведения, что в некоторых водотоках самцы растут быстрее самок, как, например, в р. Сунгача и на верхнем участке р. Уссури (Шаповалов, Барабанщиков, 2005). Сравнение расчётной длины тела самок и самцов карасей одного возраста Среднеамурской низменности показало, что длина тела самок карасей в возрасте от 4 до 9 лет статистически значимо больше, чем самцов того же возраста. Длина тела самок карася нижней части Нижнего Амура больше, чем длина тела самцов. Однако эти различия статистически значимы для рыб не всех возрастов. Исключением являются различия в длине тела самцов и самок карасей в возрасте 3-х, 4-х и 5 лет (табл. 14).

Сравнили расчётные массы тела самок и самцов карасей одного возраста Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура (табл. 15).

Масса тела самок карасей статистически значимо больше, чем самцов того же возраста. Однако эти различия статистически значимы для рыб не всех возрастов. Исключением являются различия в массе тела самцов и самок карасей нижней части Нижнего Амура в возрасте 4-х и 5 лет. Не найдены различия в массе тела самцов и самок годовиков Среднеамурской низменности.

Таким образом, половой диморфизм серебряного карася р. Амур, как Среднеамурской низменности, так и нижней части Нижнего Амура, проявляется в том, что во многих одновозрастных группах самки крупнее и тяжелее самцов, а также живут дольше самцов. Максимальный возраст самок серебряного карася Среднеамурской низменности в наших пробах был 14 лет, сам-

цов – 10 лет. Максимальный возраст самок карася нижней части Нижнего Амура – 16 лет и самцов – 13 лет. Различаются расчётные максимальные (асимптотические) длина и масса тела самок и самцов (табл. 5, 13).

Рост серебряных карасей, живущих на территории Средне-Амурской низменности и в нижней части Нижнего Амура различается (таблицы 2, 7, 10). Вместе с изменением роста меняются биологические показатели популяций рыб, такие как коэффициенты естественной смертности, возраст и размер рыб в возрасте массового созревания, максимальные возраст и длина рыб в популяции. Размер рыб в возрасте массового созревания (промысловая мера) один из наиболее важных показателей, необходимых для регулирования рыболовства, т.к. от него зависит воздействие промысла на популяцию рыб, качество и величина промыслового запаса (Никольский, 1956; Тюрин, 1963). Промысловые меры для пресноводных рыб р. Амур существуют с середины прошлого века, однако для большинства видов рыб нигде не приводятся их биологические обоснования. Видимо, в связи с этим, минимальный промысловый размер пресноводных рыб р. Амур меняли несколько раз за годы промысла.

За возраст массового созревания, или возраст половозрелости, принимают возраст рыб в поколении, при котором впервые созревает более 50% самок (Малкин, 1999). Промысловую меру (или минимальную длину рыбы) устанавливают с учётом того, чтобы рыбы (самки) облавливаемой популяции первого года нереста смогли хотя бы раз оставить потомство. Известно, что биомасса поколений рыб в течение жизненного цикла изменяется по куполообразным одновершинным кривым, максимум которых в среднем приходится на возраст поло-

Таблица 14. Сравнение расчётной длины тела самцов и самок серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место обитания	Возраст, лет	Самки		Самцы		<i>t</i> -критерий	<i>p</i> -уровень
		Среднее ± стандартное отклонение	<i>N</i>	Среднее ± стандартное отклонение	<i>N</i>		
Среднеамурская низменность	1	4,445 ± 0,910	4675	4,491 ± 0,967	1696	-1,775	0,076
	2	8,041 ± 1,307	4492	7,976 ± 1,289	1538	1,702	0,089
	3	11,630 ± 1,764	4240	11,527 ± 1,838	1339	1,851	0,064
	4	14,667 ± 2,124	3794	14,495 ± 2,233	1189	2,407	<0,016
	5	17,264 ± 2,449	2891	16,988 ± 2,713	841	2,808	<0,005
	6	19,669 ± 2,715	1663	19,252 ± 2,812	434	2,833	<0,005
	7	21,919 ± 2,699	730	20,750 ± 2,783	158	4,908	<0,001
	8	23,689 ± 2,291	269	22,212 ± 2,817	60	4,320	<0,001
	9	25,871 ± 2,204	86	23,742 ± 2,499	14	3,290	<0,001
	10	26,569 ± 3,011	30	26,650 ± 1,559	4	-0,052	0,959
Нижняя часть Нижнего Амура	1	5,124 ± 1,135	2305	4,949 ± 1,093	677	3,562	<0,001
	2	9,161 ± 1,311	2296	9,045 ± 1,291	671	2,010	<0,044
	3	13,243 ± 1,582	2284	13,145 ± 1,582	666	1,414	0,158
	4	16,921 ± 1,922	2215	16,799 ± 1,952	625	1,404	0,160
	5	19,988 ± 1,977	1928	19,917 ± 2,146	530	0,726	0,468
	6	22,702 ± 2,007	1594	22,399 ± 2,132	400	2,667	<0,008
	7	25,014 ± 1,938	1270	24,612 ± 1,801	246	3,012	<0,003
	8	26,987 ± 1,794	918	26,516 ± 1,636	133	2,857	<0,004
	9	28,840 ± 1,617	656	28,407 ± 1,681	74	2,172	<0,030
	10	30,246 ± 1,563	436	28,867 ± 1,500	34	4,967	<0,001
	11	31,648 ± 1,531	255	29,842 ± 0,913	12	4,049	<0,001
	12	33,046 ± 1,611	150	30,955 ± 0,494	7	3,417	<0,001
	13	34,073 ± 1,685	79	32,006 ± 0,243	4	2,439	<0,017

Примечание: см. табл. 2.

вого созревания (Кудерский, 1983, 1991; Кудерский и др., 1988). Промысловый размер должен быть строго согласован с размерами и возрастом рыб, при которых с учётом естественной смертности достигается максимум биомассы (Тюрин, 1963). Чтобы определить показатели естественной смертности серебряного карася характерные только для рыб Среднеамурской низменности и нижней части

Нижнего Амура, применили метод, разработанный Л.А. Зыковым (2005). Основа этого метода в том, что оценка коэффициентов естественной смертности для каждой возрастной группы рыб даётся на основе данных по линейному и весовому росту рыб конкретного водоёма и таким образом отражает экологические условия существования рыб в изучаемом водоёме. Для расчётов коэффициентов естествен-

Таблица 15. Сравнение расчётной массы тела самцов и самок серебряного карася Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура

Место обитания	Возраст, лет	Самки		Самцы		<i>t</i> -критерий	<i>p</i> -уровень
		Среднее ± стандартное отклонение	<i>N</i>	Среднее ± стандартное отклонение	<i>N</i>		
Среднеамурская низменность	1	4,113 ± 2,428	4675	4,095 ± 2,768	1696	0,241	0,810
	2	20,343 ± 9,596	4492	19,265 ± 9,165	1538	3,845	<0,001
	3	55,784 ± 23,847	4240	53,536 ± 24,238	1339	2,996	<0,003
	4	105,217 ± 42,147	3794	100,820 ± 43,048	1189	3,123	<0,002
	5	164,501 ± 62,524	2891	157,369 ± 68,519	841	2,848	<0,004
	6	235,024 ± 84,818	1663	220,499 ± 82,907	434	3,192	<0,001
	7	313,911 ± 99,878	730	269,413 ± 91,722	158	5,149	<0,001
	8	383,592 ± 95,170	269	324,118 ± 107,004	60	4,276	<0,001
	9	486,564 ± 104,695	86	385,271 ± 115,859	14	3,308	<0,001
	10	529,924 ± 147,003	30	521,222 ± 84,319	4	0,115	0,909
Нижняя часть Нижнего Амура	1	7,400 ± 4,879	2305	8,501 ± 5,109	677	-5,107	<0,001
	2	34,235 ± 13,780	2296	37,982 ± 13,860	666	-6,188	<0,001
	3	93,058 ± 30,939	2284	98,319 ± 30,981	666	-3,860	<0,001
	4	182,136 ± 58,153	2215	184,546 ± 56,387	625	-0,921	0,357
	5	285,939 ± 77,452	1928	284,998 ± 79,417	530	0,247	0,805
	6	404,034 ± 96,641	1594	383,599 ± 89,464	400	3,837	<0,001
	7	525,401 ± 109,230	1270	485,443 ± 91,052	246	5,386	<0,001
	8	645,047 ± 112,301	918	586,327 ± 93,720	133	5,746	<0,001
	9	772,226 ± 119,098	656	699,692 ± 107,903	74	5,012	<0,001
	10	879,360 ± 125,840	436	727,986 ± 97,760	34	6,852	<0,001
	11	995,460 ± 133,732	255	790,151 ± 62,875	12	5,283	<0,001
	12	1121,276 ± 150,660	150	867,158 ± 36,301	7	4,444	<0,001
	13	1220,013 ± 164,473	79	944,672 ± 18,417	4	3,328	<0,001

Примечание: см. табл. 2.

ной смертности использовали коэффициенты уравнений линейного роста И.И. Шмальгаузена ($L_t = m_L \times t^{kL}$) (табл. 6), коэффициенты b – значение степени в уравнении весового роста ($W_t = a \times T^b$) (табл. 11). А также значение асимптотической длины (L_∞) рыб (табл. 3).

Для чего были определены следующие биологические показатели карасей (табл. 16).

На основании этих показателей были рассчитаны коэффициенты естественной смертности самок карасей каждого возраста (табл. 17) по формуле (Зыков, 2005):

$$\varphi M^{(t)} = 1 - (a \times t^{kL}) \times (T^{kL} - t^{kL}),$$

где a коэффициент, $a = (A \times m_L^2)$; где $A = (1 - \varphi_{Mn}) / L_n^2$.

Таблица 16. Основные биологические показатели популяций серебряных карасей Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура и коэффициенты уравнений линейного роста, необходимые для расчётов коэффициентов естественной смертности рыб каждого возраста

Место обитания	Пол	L_{∞}	m_L	k_L	L_n	t	M_n	b	φ_M	T
Среднеамурская низменность	Самки	39,581	4,800	0,788	19,790	6,033	0,325	1,962	0,278	14,538
	Самцы	34,297	4,797	0,777	17,149	5,148	0,374	1,926	0,312	12,556
Нижняя часть Нижнего Амура	Самки	42,042	6,138	0,708	21,021	5,684	0,304	1,727	0,262	15,123
	Самцы	39,177	5,792	0,742	19,589	5,168	0,341	1,76	0,289	13,157

Примечание: L_{∞} – значение асимптотической длины; m_L и k_L – коэффициенты уравнения $L_t = m_L \times t^{k_L}$; L_n – длина рыб в возрасте полового созревания (L_n), соотношение Фюльтона-Дрягина – $L_n = 0,5 \times L_{\infty}$; t – возраст полового созревания $t = (L_n / m_L)^{1/k_L}$; M_n – Мгновенный коэффициент естественной смертности рыб в возрасте полового созревания ($M_n = b/t$); b – значение степени в уравнении весового роста ($W_t = a \times T^b$); φ_M – условный коэффициент естественной смертности в возрасте полового созревания ($\varphi_M = 1 - e^{-M_n}$); T – максимальный расчётный возраст рыб в популяции ($T = t \times 2^{(1/k_L)}$).

Таблица 17. Коэффициенты естественной смертности (φ_M), численность и биомасса самок в условных популяциях серебряных карасей Среднеамурской низменности и нижней части Нижнего Амура (начальная численность самок по 10000 экз.)

Возраст, лет	Среднеамурская низменности			Нижняя часть Нижнего Амура		
	Коэффициенты естественной смертности, φ_M	Численность, экз.	Биомасса, кг	Коэффициенты естественной смертности, φ_M	Численность, экз.	Биомасса, кг
1	0,688	3115,48	24,62	0,631	3743,82	78,96
2	0,516	1507,97	43,65	0,463	2042,04	132,48
3	0,400	904,49	55,96	0,359	1329,68	166,45
4	0,325	610,43	64,73	0,297	949,70	189,51
5	0,283	437,68	70,49	0,267	707,56	202,73
6	0,269	319,870	72,48	0,262	530,35	204,21
7	0,280	230,16	69,61	0,280	388,09	191,85
8	0,314	157,78	61,28	0,316	269,49	165,41
9	0,370	99,48	48,18	0,370	172,36	128,05
10	0,444	55,30	32,62	0,440	98,07	86,43
11	0,537	25,61	18,06	0,524	47,45	48,80
12	0,647	9,03	7,50	0,621	18,28	21,65
13	0,774	2,04	1,97	0,730	5,01	6,76
14	0,917	0,17	0,19	0,851	0,76	1,15
15				0,983	0,01	0,02

Максимальная биомасса или максимальная продукция поколения, это суммарный прирост массы всех особей поколения ко времени массового созревания. Для того, чтобы определить возраст рыб, при котором биомасса поколений серебряного карася Среднеамурской низменности и карасей, живущих в нижней части Нижнего Амура достигает максимума, представили что существуют популяции, в которых убыли рыб от промысла не было (условные популяции). Численность рыб в этих условных популяциях убывает только под воздействием естественной смертности. Используя коэффициенты естественной смертности для рыб каждого возраста, определили относительную численность рыб в каждой возрастной группе (табл. 16, рис. 6). Все расчёты проводили на условных поколениях, начальная численность, как самок, так и самцов которых каждый год равна 10000 особей. Используя значения массы тела самок и самцов серебряных карасей каждой возрастной группы для рыб двух районов,

рассчитали биомассу рыб каждой возрастной группы (рис. 6, табл. 16).

Максимум биомассы самок серебряного карася приходится на возраст 6 лет, самцов – 5 лет (рис. 6, табл.15). Таким образом, наименьший промысловый размер серебряного карася должен соответствовать длине тела самок в возрасте 6 лет. Длина тела самок серебряных карасей Среднеамурской низменности в возрасте 6 лет – 20 см; самок нижней части Нижнего Амура – 23 см (табл. 2). Эта длина согласована с возрастом, при котором с учётом естественной смертности достигается максимум биомассы. На этот же возраст приходится и минимальное значение коэффициента естественной смертности (табл. 16).

Таким образом, промысловый размер карасей Среднеамурской низменности должен быть 20 см. Эта длина соответствует промысловой мере карася р. Амур, существующей в настоящее время. Тогда как промысловую меру карася в нижней части Нижнего Амура необходимо изменить, т.е. увеличить до 23 см.

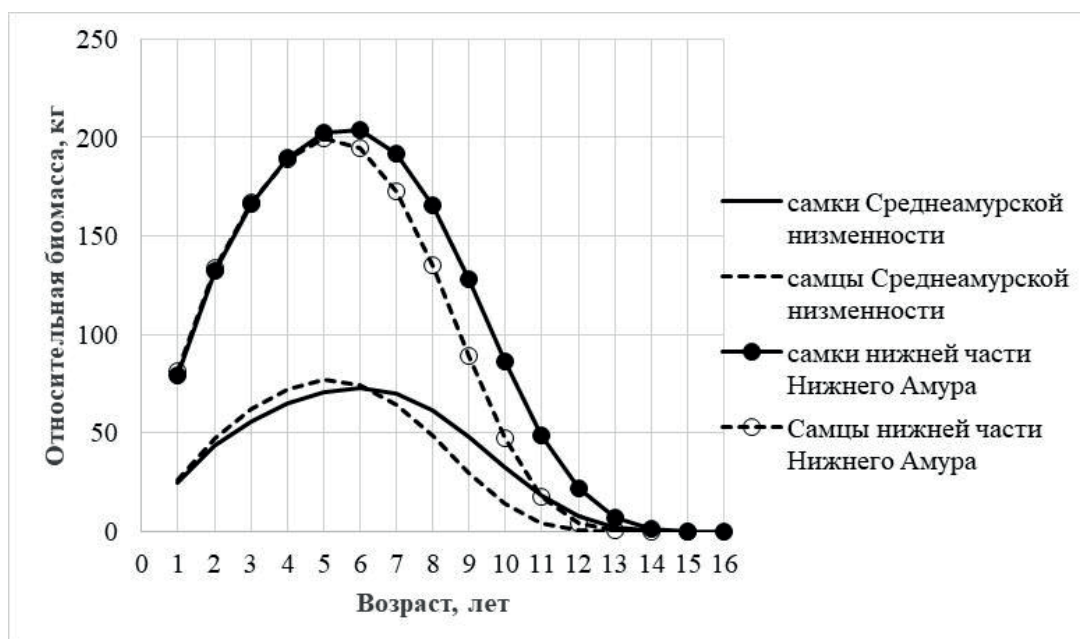


Рис. 6. Относительная биомасса серебряного карася (начальная численность рыб каждого пола по 10000 экз.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васнецов В.В. Опыт анализа роста рыб реки Амура. // Труды Амур. ихтиол. экспедиции, 1958. С. 7–41.
- Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб: монография. Минск: Изд-во Белорусского гос. университета, 1956. 254 с.
- Горяинов А.А., Барабанищikov Е.И., Шаповалов М.Е. Рыбохозяйственный атлас озера Ханка: монография. Владивосток: ТИНРО-центр, 2014. 205 с.
- Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб: монография. М.: Наука, 2001. 276 с.
- Дементьева Т.Ф. Методика оценки относительной численности популяции, формирования промыслового стада и темпа использования его рыболовством // Методика исследований по динамике численности. // Труды ВНИРО. М.: Пищепромиздат, 1964. Т. I. С. 7–38.
- Дёмина А.Г. К методике определения темпа роста серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch). // Исследования по биологии и промысловой океанографии. Изд. : ТИНРО, 1974а. Вып. 5. С. 94–99.
- Дёмина А.Г. Некоторые закономерности роста серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) в бассейне Амура // Исследования по биологии и промысловой океанографии. Изд. : ТИНРО, 1974б. Вып. 5. С. 75–85.
- Дёмина А.Г. Особенности роста и закладки склеритов у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) в реке Амур на первом году жизни // Вопр. ихтиологии. 1980. Т. 20. Вып. 6 (125). С. 883–887.
- Зыков Л.А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб: монография. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2005. 376 с.
- Карасёв Г.Л. Рыбы Забайкалья: монография. Новосибирск: Наука, 1987. 296 с.
- Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии: монография. М.: Наука, 1972. 360 с.
- Константинов А.С. Вес животных как функция их линейных размеров // Журнал общей биологии. 1969. Т. 30. Вып. 3. С. 265–272.
- Кудерский Л.А. Кульминация ихтиомассы возрастных групп у промысловых рыб внутренних водоёмов и стратегия рыболовства // Рыбн. хоз-во, 1983. № 7. С. 41–43.
- Кудерский Л.А. Соотношение возраста кульминации ихтиомассы и массовой половой зрелости в поколениях промысловых рыб // Сб. научных трудов ГосНИОРХ, 1991. Вып. 310. С. 13–44.
- Кудерский Л.А., Печников А.С., Руденко Г.П. Многолетняя изменчивость возраста кульминации ихтиомассы в популяции рыб оз. Пелюга // Сб. научных трудов ГосНИОРХ, 1988. Вып. 282. С. 102–125.
- Лалин Ю.Е. О сезонном росте рыб и некоторых особенностях роста чешуи // Теоретические основы рыбоводства. М.: Наука, 1965. С. 215–219.
- Максименко В.П., Антонов Н.П. Количественные методы оценки рыбных запасов. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2003. 256 с.
- Малкин Е.М. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб: монография. М.: Изд.-во ВНИРО, 1999. 146 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных: монография. М.: Наука, 1976. 291 с.
- Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура: монография. М.: Изд. АН СССР, 1956. 551 с.
- Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб: монография. М.: Пищ. промышл., 1974. 447 с.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья: монография. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002 г. 552 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб: монография. М.: Изд.-во Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Пробатов А.Н. О частичковых рыбах Амура // Известия Пермского Биологического научно-исследовательского института. 1935. Том. X. Вып. 1–2. С. 53–64.

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

Семенченко Н.Н. Гидрологический режим р. Амур и численность промысловых пресноводных рыб // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 246–250.

Семенченко Н.Н. Групповой рост, естественная смертность, возраст созревания и промысловый размер амурского белого леща *Parabramis pekinensis* (Basilewsky, 1855) в р. Амур // Известия ТИНРО, 2018. Т. 192. С. 89–102.

Семенченко Н.Н. Рост амурского плоскоголового жереха *Pseudaspius leptocephalus* (Pallas, 1776) // Известия ТИНРО, 2020. Т. 200. Вып. 1. С. 118–130.

Сысоева Т. К. Материалы по возрастному составу и темпу роста серебряного карася – *Carassius auratus gibelio* (Bloch) в бассей-

не Амура // Труды Амурской экспед. 1945–1949 гг. 1958. Т.4. С.149–157.

Тюрин П.В. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоёмах: монография. М.: Пищепромиздат, 1963. 120 с.

Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб: монография. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 164 с.

Шаповалов М.Е., Барабанищikov Е.И. Рост серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в бассейне р. Уссури // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова, 2005. Вып. 3. 527–534 с.

Шмальгаузен И.И. Рост животных: монография. М-Л., 1935. С. 8–60.

Lea E. On the methods used in herring investigations. // Publ, circonst. Conseil perman. Internat. Explorat. Mer., 1910. N 53. P. 7–174.

Wallin O. On the structure and developmental physiology of the scale of fishes // Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 1957. N. 38. P. 385–447.

**GROWTH AND COMMERCIAL SIZE OF THE SILVER CRUCIAN
CARP *CARASSIUS GIBELIO*, CYPRINIDAE) AMUR RIVER**

N.N. Semenchenko, E.V. Ostrovskaya

*Khabarovsk branch of the Russian Federal Research Institute
of Fisheries and oceanography, Khabarovsk, 680038*

This paper informs about characteristic of linear and weight growth of Amur silver crucian carp on the basis of the L. von Bertalanffy and I. I. Schmalhausen's growth equations. For this description, the material collected in the period from 1997 to 2022 on the territory of two districts of the Amur River – in the watercourses of the Sredneamurskaya floodplain system and in the lower part of the Lower Amur was used. The main characteristics of the growth of the silver crucian carp is sexual dimorphism and compensatory growth. The maximum observed body length (*Ad*) of the Amur River silver crucian carp is 40 cm, body weight 2,1 kg. Differences were found in the indicators of linear, weight growth and growth rate of silver crucian carp living in the watercourses of the Middle Amur Lowland and in the lower part of the Lower Amur. Based on the coefficients of the growth equations, the coefficients of natural mortality for each year of life of females and males of silver crucian carp are calculated. The age of sexual maturity of females is 6 years. The commercial length of female silver crucian carp of the Middle Amur lowland, consistent with the age of mass maturation and the maximum biomass of generations should be equal to 20 cm, in the lower part of the Lower Amur – 23 cm.

Keywords: group growth, specific growth rate, L. von Bertalanffy and I. I. Schmalhausen's growth equations, sexual dimorphism, compensatory growth, natural mortality, age of maturation, commercial size.