

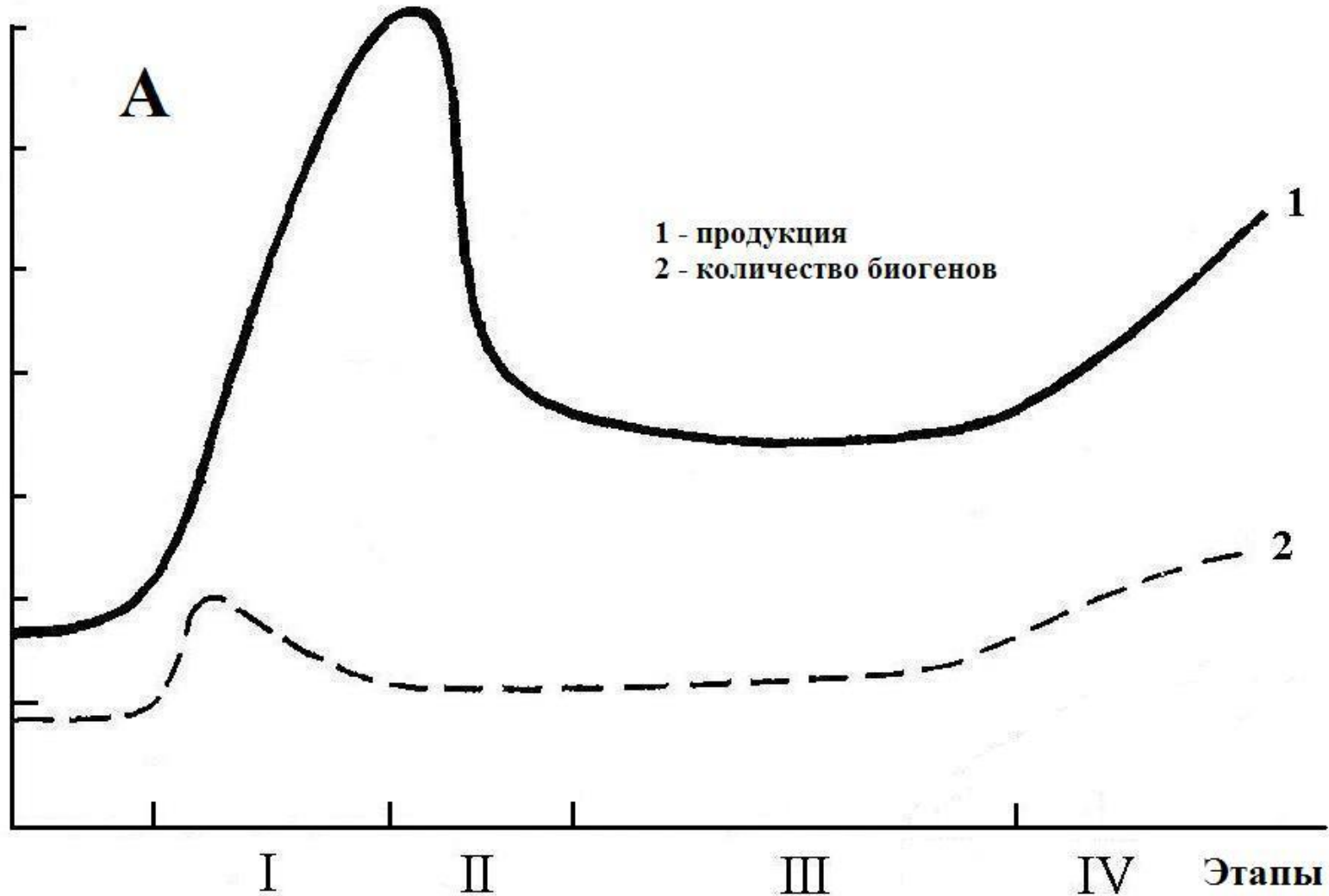
Популяционная динамика рыб волжских водохранилищ за период их существования: роль естественных и антропогенных факторов (на примере Рыбинского водохранилища).

Ю.В.Герасимов

ИБВВ РАН

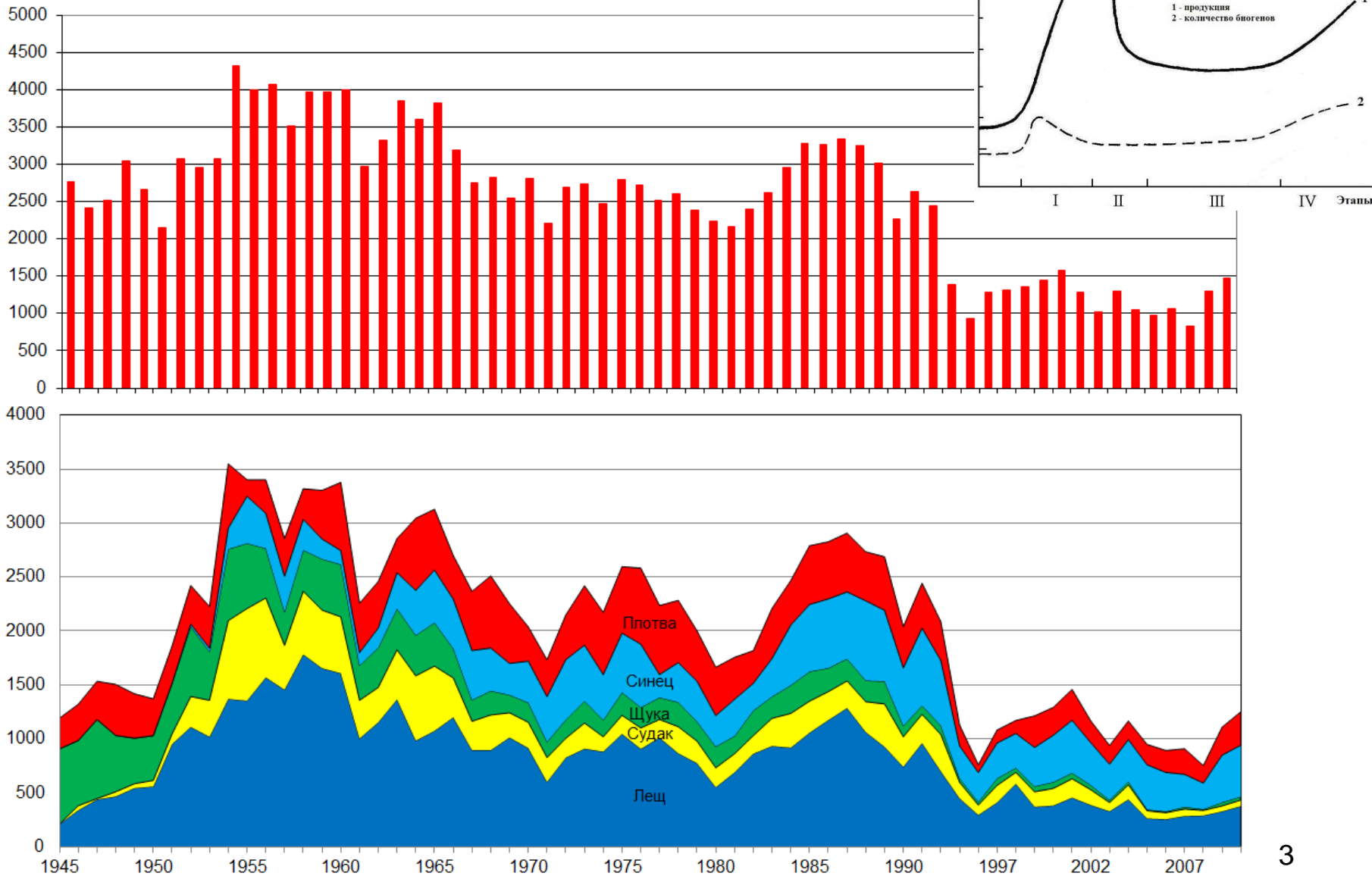
Этапы развития экосистемы равнинных водохранилищ (обобщенная схема)
(Balon, 1972; Решетников и др., 1982)

I – этап вспышки общей продуктивности,
II – этап трофической депрессии,
III – этап стабилизации,
IV – этап постепенного повышения продуктивности.

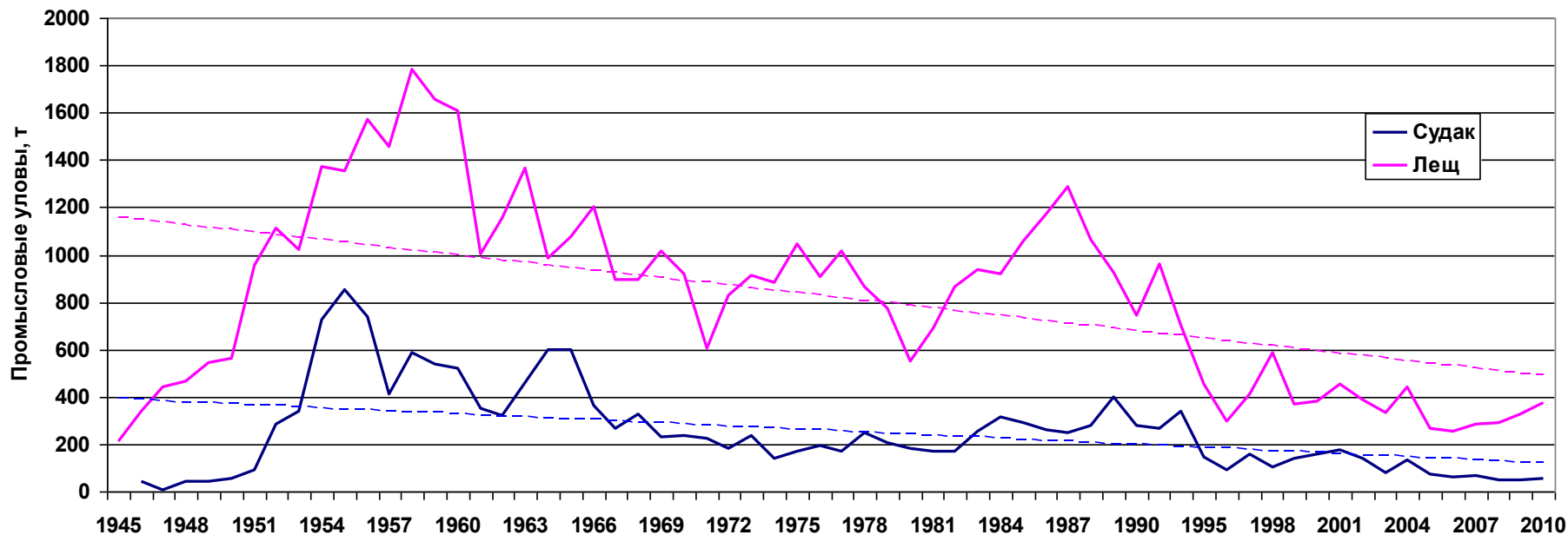


Динамика общих промысловых уловов и уловов наиболее массовых промысловых рыб на Рыбинском водохранилище за период с 1945 по 2010 гг.

Промысловый улов, т



Динамика промысловых уловов леща и судака Рыбинского водохранилища



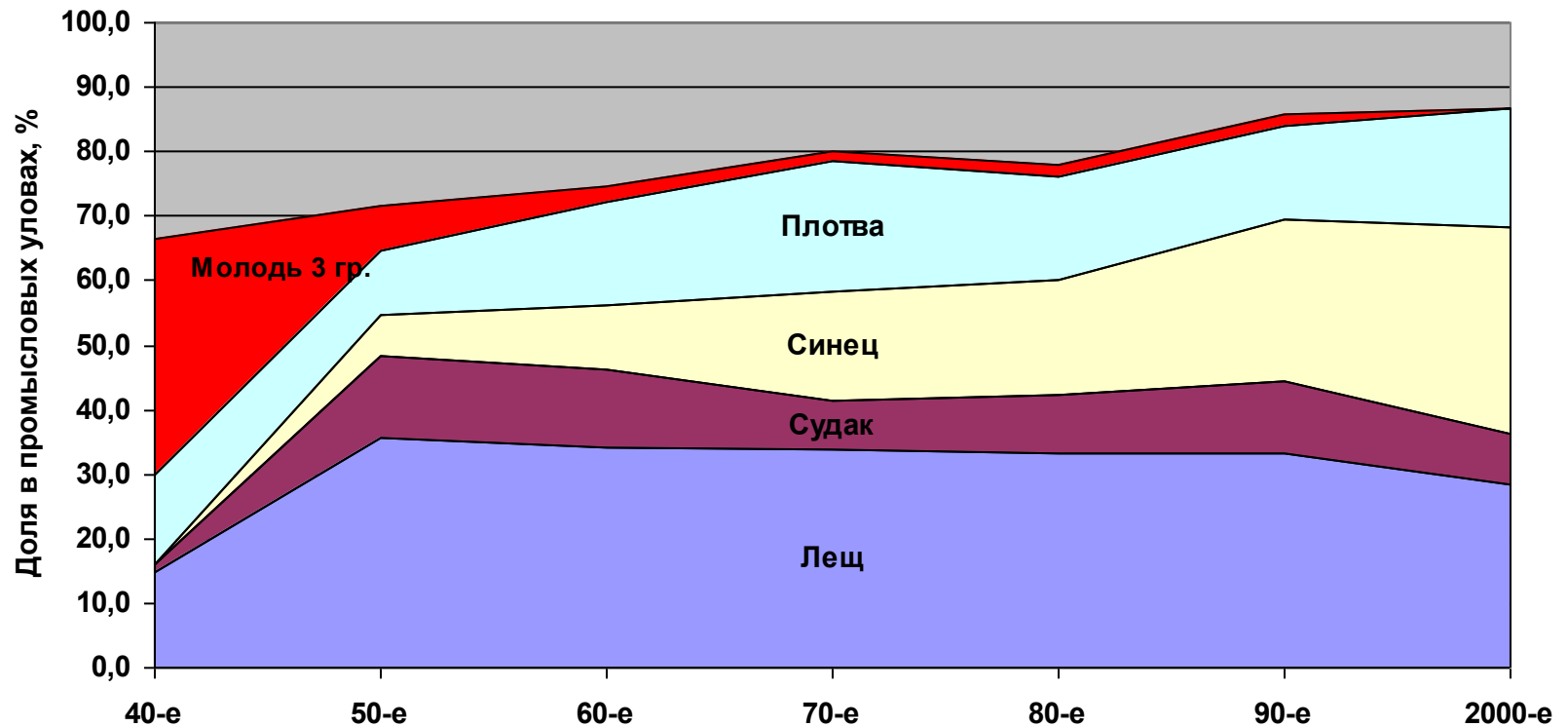
Лещ - $r = -0,83$; $p \leq 0,01$

Судак - $r = -0,77$; $p \leq 0,01$

Затопленный лес
1940-е – 1950-е гг



Доля леща, судака, плотвы и синца в промысловых уловах на Рыбинском водохранилище



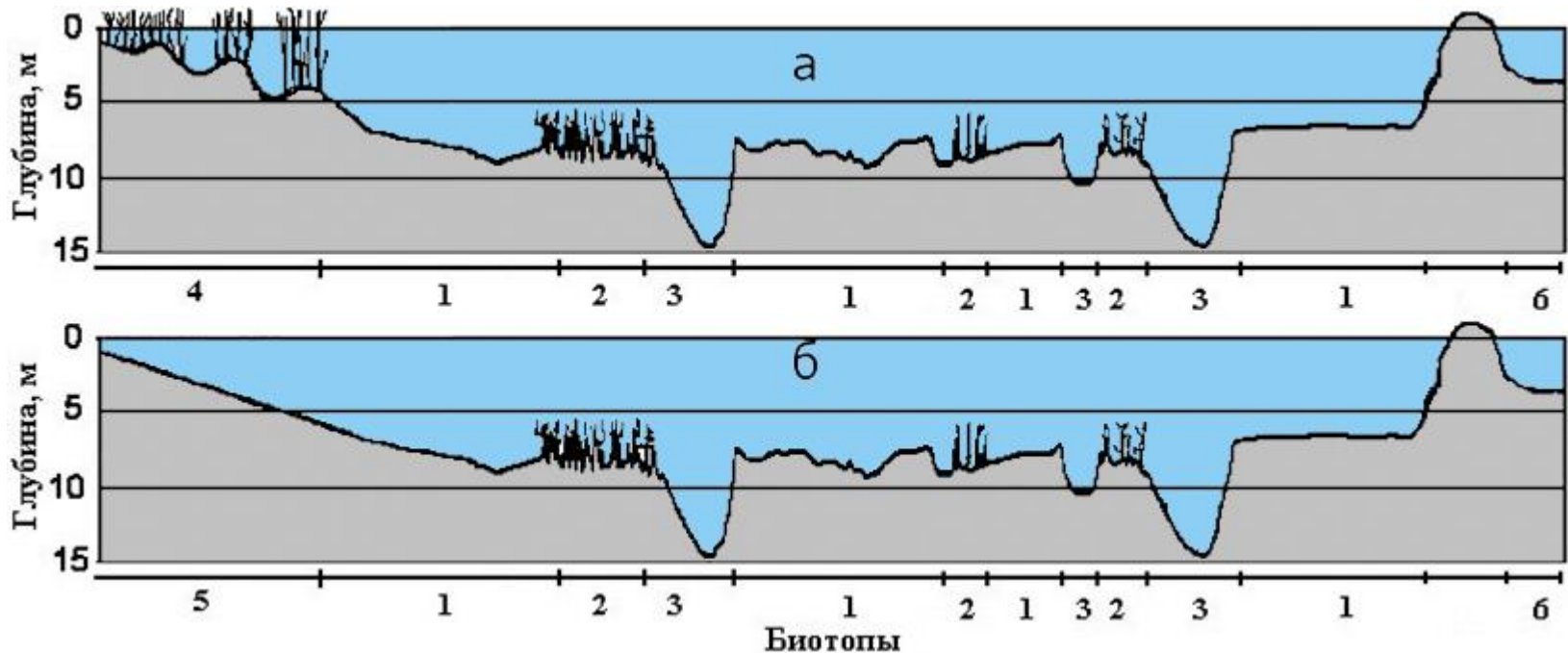
Изменение площадей затопленного леса и кустарника за первые двадцать лет существования Рыбинского водохранилища.

На Рыбинском водохранилище, при его общей площади 4550 км² при нормальном подпорном уровне (НПУ) на территории около 1500 км² были оставлены для затопления лес и кустарник (Тачалов, 1965). Кроме того, в результате затопления торфяных болот образовались сплавины, занимавшие в 1956 г. около 4700 га площади водоема.



К началу 1960-х гг. площадь затопленных лесов уменьшилась в 10 раз и составила только 26,6 км² вместо 260 км² в первые годы после затопления (Тачалов, 1965).

Различные биотопы Рыбинского водохранилища до разрушения затопленных лесов (а) и после (б) время.



- 1 — пойменные участки с глубиной более 6 м,
- 2 — пойменные участки с остатками затопленного леса,
- 3 — затопленные русла рек,
- 4 — мелководная пойма с глубиной менее 6 м с остатками затопленного леса,
- 5 — переформированная мелководная пойма с глубиной менее 6 м,
- 6 — заостровные участки.

Площадь литорали Рыбинского водохранилища, подверженная процессу эрозии дна при действии ветра

Плес	Ширина мелководной зоны, км	Отметка уровня водохранилища, м					
		102(НПУ)		101		99.5	
		А	Б	А	Б	А	Б
Главный	0.6 - 5.7	23	99	59	100	100	100
Волжский	0.3 - 2.8	10	93	40	93	73	100
Моложский	0.2 - 3.2	2	41	45	61	94	100
Шекснинский	0.2 - 5.0	8	94	51	95	94	99

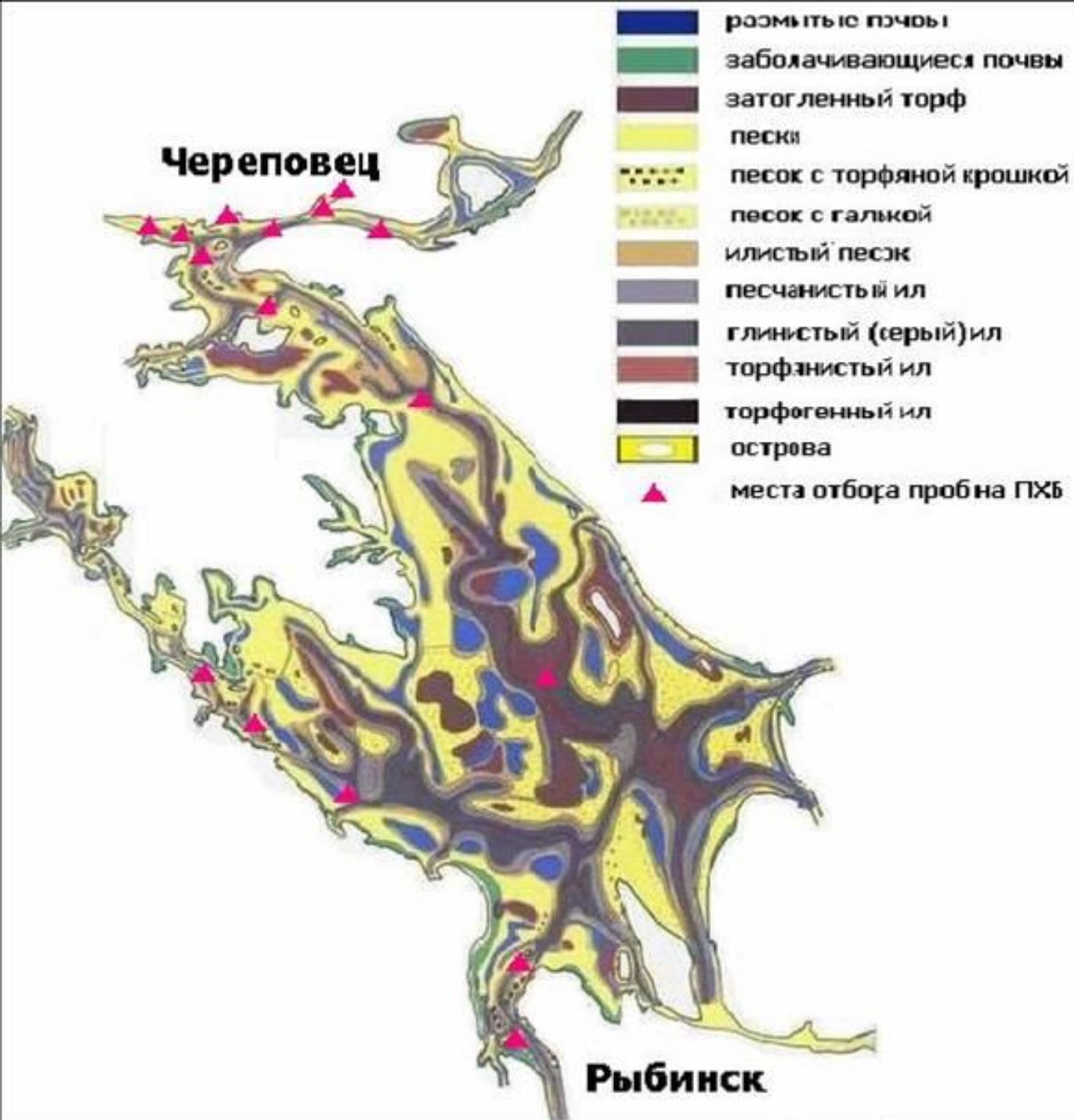
Изменения площадей грунтового комплекса, % (по годам гидрологических съемок)

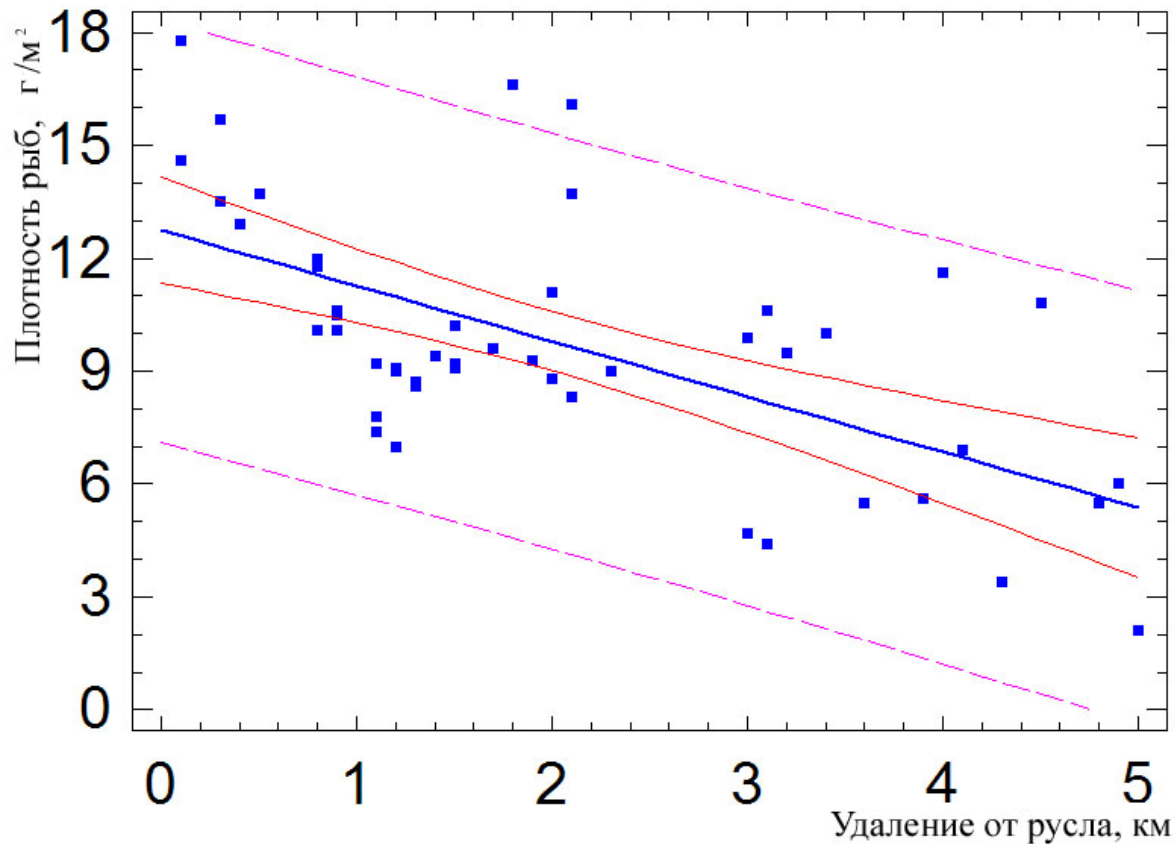
Тип грунта, донных отложений	1941	1955	1965	1978	1992–94
Трансформированные грунты (почвы)	(99)	55	15	15	17
Песчаные наносы	0.8	20	37	42	56
Илистые отложения	0.2	23	46	40	24
Торф и отложения из макрофитов	–	2	2	3	3

Размыв почвы до коренных пород в остатках затопленного леса на осушенных мелководьях Рыбинского водохранилища. Высота от боковых корней деревьев до поверхности песка около 1 м.



Грунтовая карта Рыбинского водохранилища



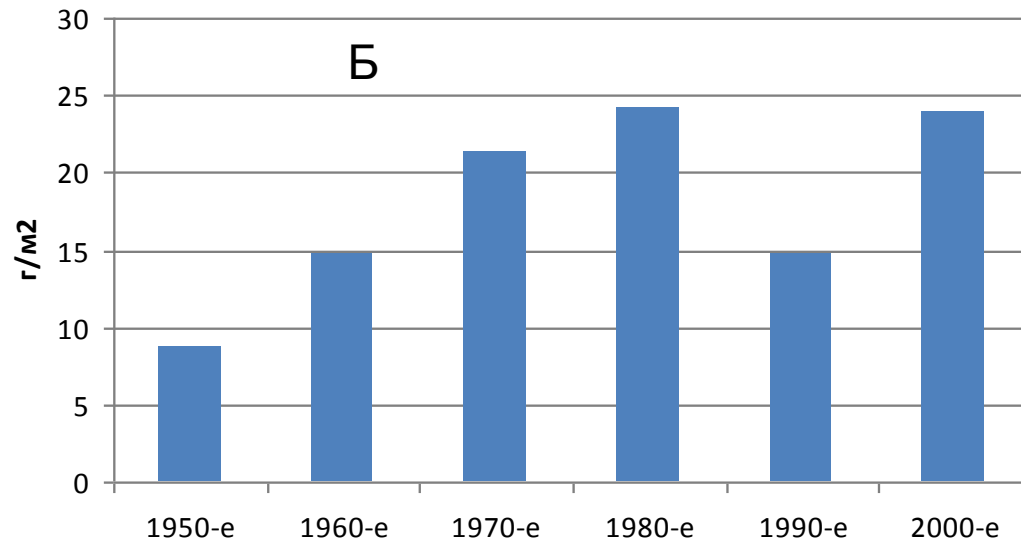
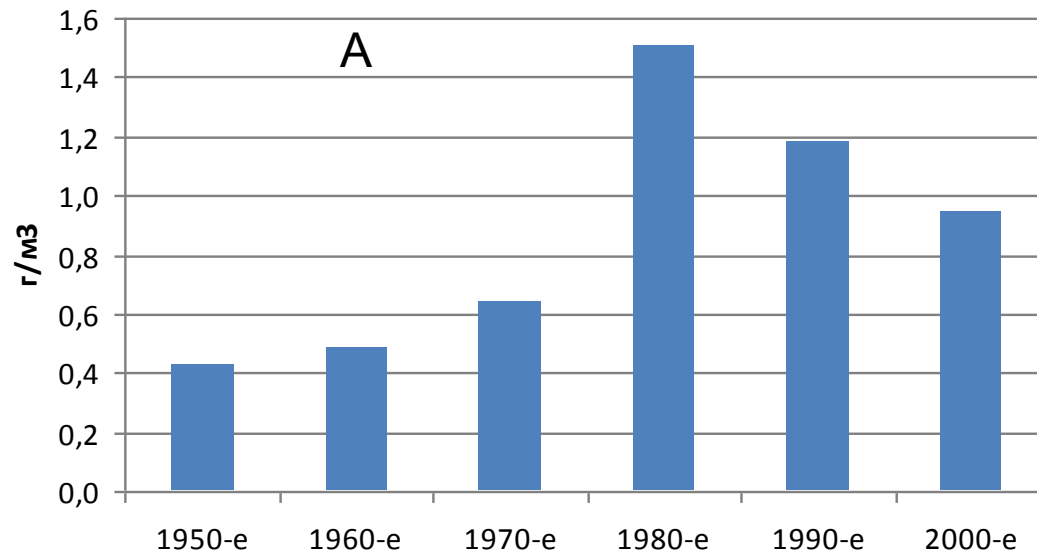


Зависимость плотности
рыбных скоплений от
удаления от затопленного
русла реки

1. Между значениями средней плотности рыб на всех выделенных биотопах наблюдался высокий уровень корреляции ($r = -0.71$; при $p < 0.001$), что указывает на то, что смена численности на разных биотопах происходит за счет перераспределения рыб между ними.

2. При штормовой погоде скопления рыб на мелководной пойме исчезают, т.к. уходят на участки с большей глубиной. Скорость ветра имеет отрицательную связь с плотностью рыб на мелководной пойме ($r = -0.32$; при $p = 0.20$) и положительную с плотностью рыб на остальных биотопах.

Динамика развития зоопланктона (А) (Лазарева, 2010) и бентоса (Б)
(Перова, 2004) в Рыбинском водохранилище



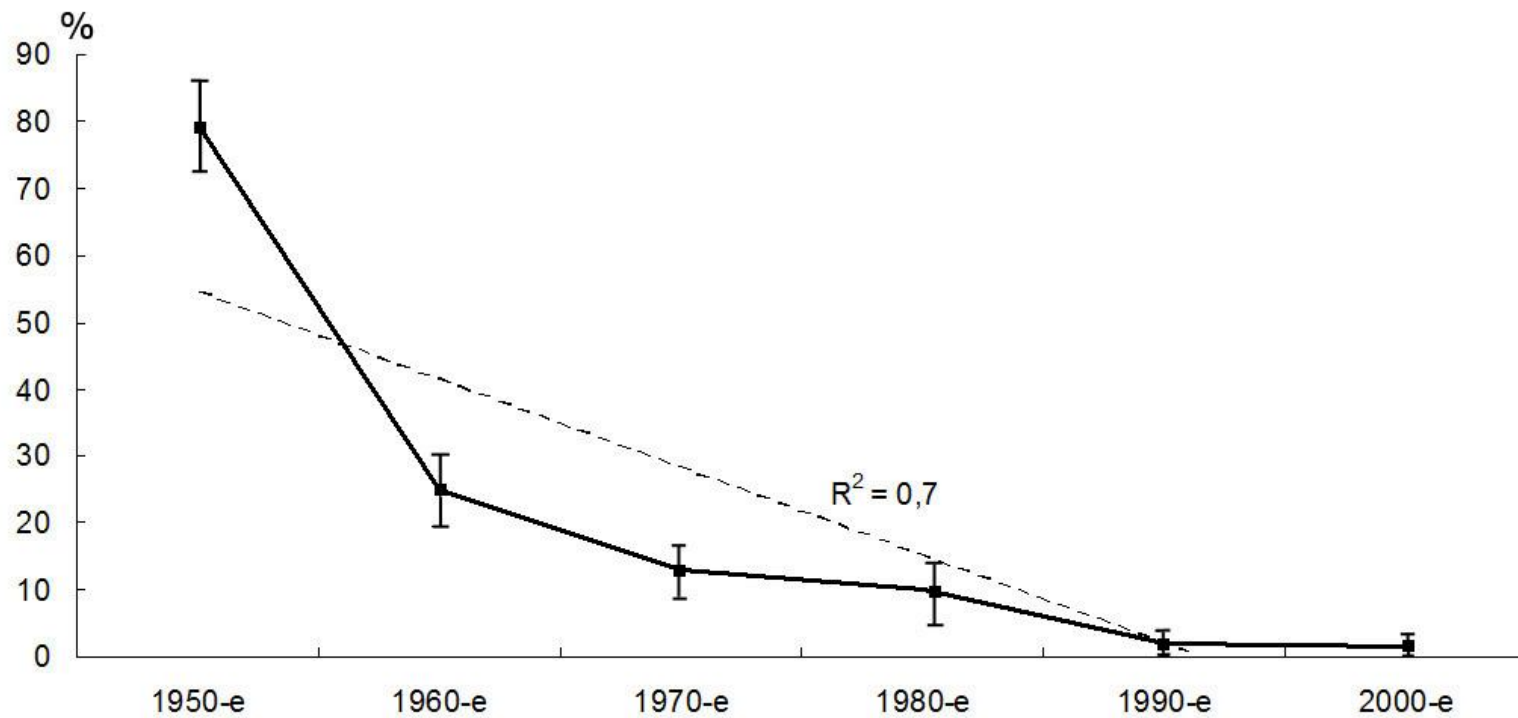
В 1950–57 гг. в целом по водохранилищу при нормальном уровне площадь нерестилищ достигала 332 км², а в маловодные годы — 20 км²;

После разрушения затопленных лесов даже в многоводные годы этот показатель не превышает 3 км², т.е. из 21% площади водохранилища, занимаемой мелководьями, площадь участков, пригодных для нереста фитофилов, составляет всего около 1%. (Ильина, Гордеев (1970))

Зависимость площади нерестилищ (кв. км) от уровня Рыбинского водохранилища.

Плеса водохранилища	Уровень, м БС			
	>101,8	101,8	101	100.5
Волжский	37	7	2	0
Моложский	20	1	0.2	0
Шекснинский	39	5	1	0
Центральный	13	4	2	0
Всего	109	17	5.5	0

Динамика доли молодежи щуки Рыбинского водохранилища в неводных уловах.



Плотность рыб (г/м²) на прибрежных участках водохранилища и в устьевых зонах притоков в 2014 г. и средние многолетние.

Уровень водохранилища в 2014 году в мае **100,56 м БС**



Уравнения множественной регрессии между урожайностью отдельных видов рыб и параметрами уровня режима

$$\text{Лещ} - L_e = -821 - 17V_c + 0.06 \Theta + 7 H_M + 0.3 T_c \quad (R^2 = 0.75),$$

$$\text{Плотва} - P_l = 814 - 24H + 19V_c + 14 H_M + 0.5\Theta + 0.3T_c \quad (R^2 = 0.96),$$

$$\text{Синец} - C_{и} = -399 + 13 H_M - 0.7T_M + 15 V_c - 8H \quad (R^2 = 0.71),$$

$$\text{Судак} - C_y = 820 + 35 V_c - 0.5 T_c - 8H \quad (R^2 = 0.79)$$

H_M - максимальный уровень, выраженный в абсолютных отметках, м;

T_M - время достижения максимального уровня, отсчитываемое в днях от 1 января;

T_c - начало летней сработки уровня, отсчитываемое в днях от 1 мая;

V_c - скорость летней сработки уровня, за период с момента начала сработки до конца июля, см/сут;

H - минимальный уровень сработки в подледный период, выраженный в абсолютных отметках, м;

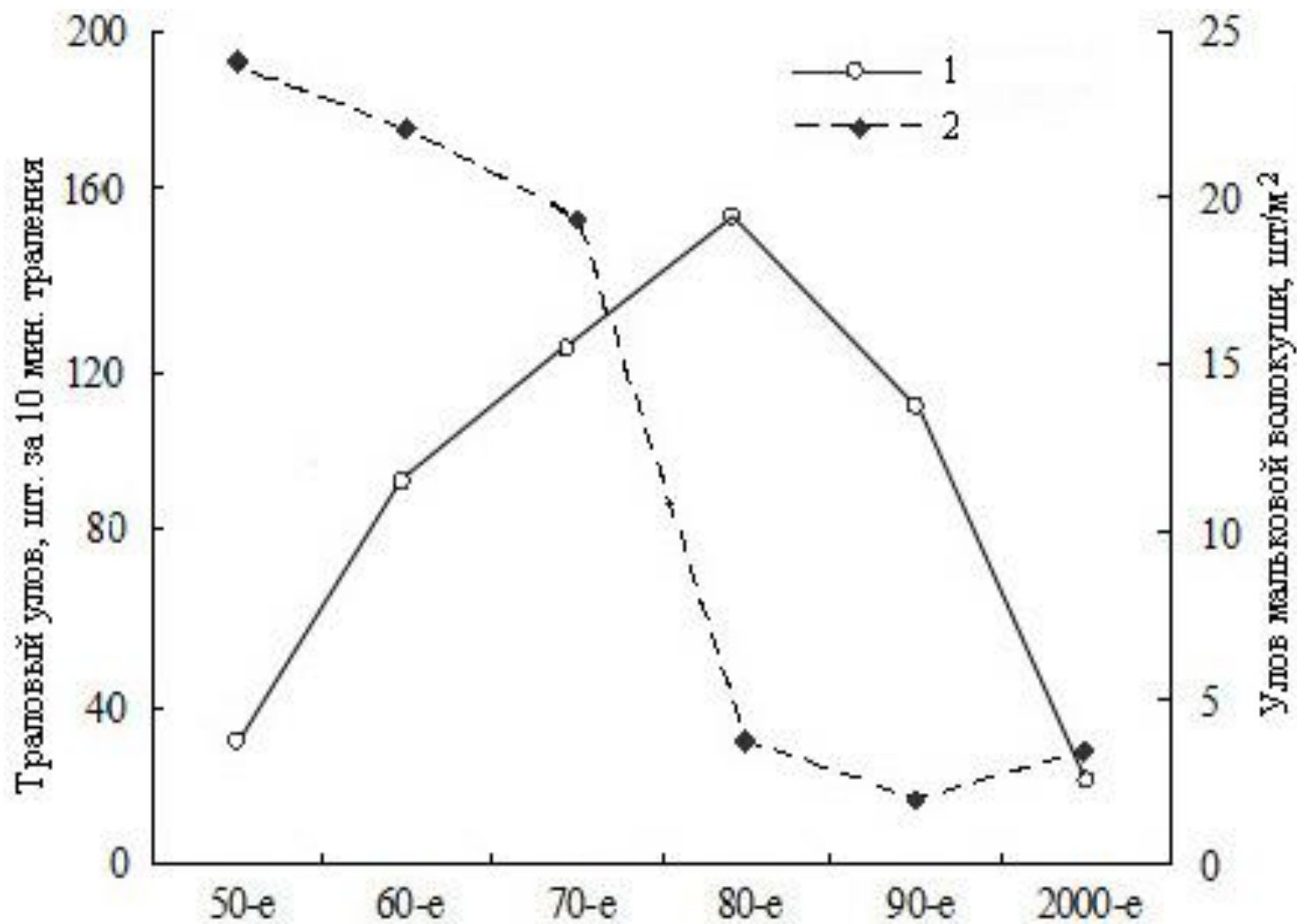
T - время достижения минимального подледного уровня, отсчитываемое в днях от 1 января;

Θ - суммарное тепло, накапливаемое водной массой за безледный период, град/дни.

Состав пищи хищных рыб Рыбинского водохранилища в 1950-е гг.
(% от общего количества содержимого)

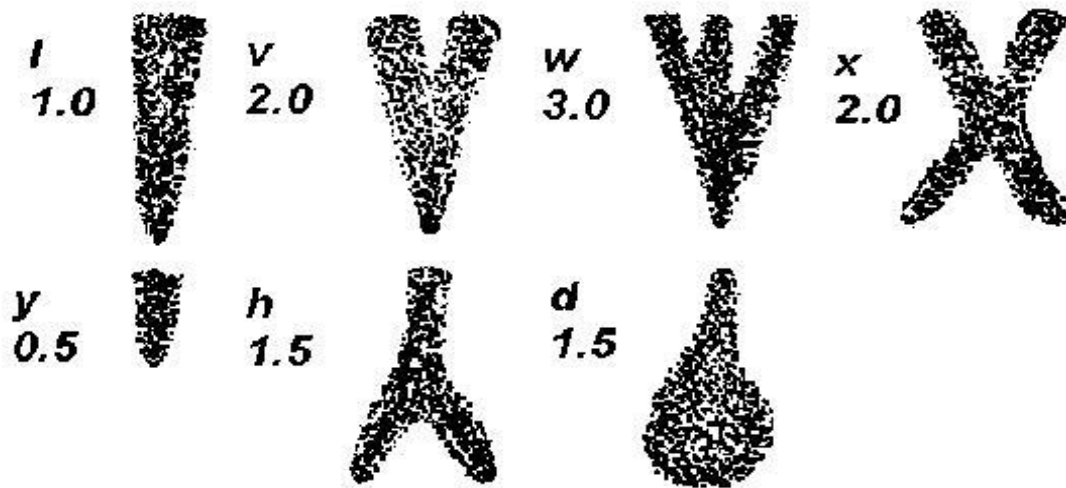
Вид-жертвы	Судак	Щука	Налим	Окунь	Берш
окунь	51,1	26,7	45,1	47,8	90,0
ерш	15,8	11,8	45,1	27,3	5,0
плотва	6,0	9,2	1,9	11,7	
корюшка	12,9	41,5	4,2	6,5	5,0
судак	9,8	4,1	2,9	1,3	—
лещ	0,4	1,5	0,4	2,2	
синец	—	0,5	—	1,0	
густера	1,7	1,1	0,4	1,0	
язь	—	—		0,5	
уклейка	0,2	0,5		0,3	
чехонь	0,9	0,5		—	
жерех	—	0,5		0,3	
ряпушка	1,2	—		—	
щука	—	2,1		0,3	18

Относительная численность рыб в пелагиали (1) и литорали (2)
Рыбинского водохранилища в разные годы



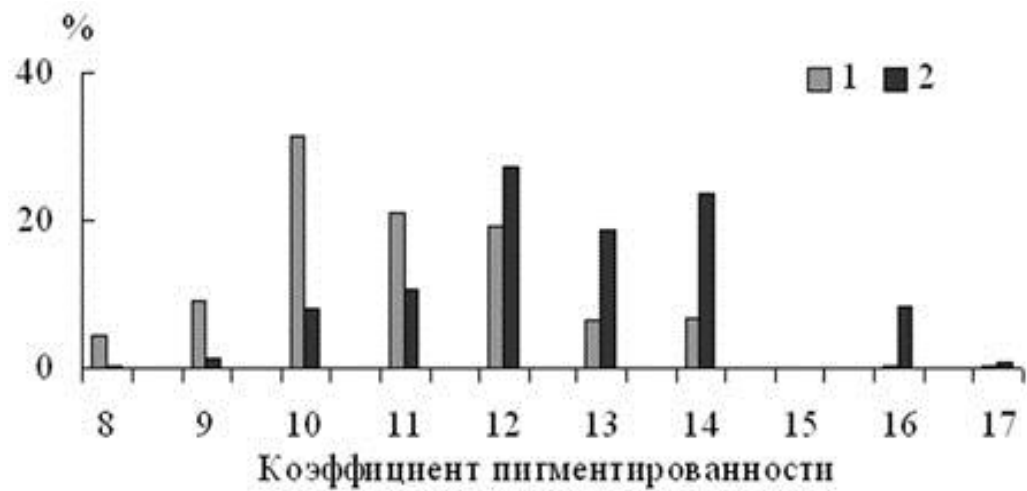
Шкала оценки отдельных элементов поперечно-полосатой пигментированности речного окуня.

Коэффициент пигментированности являлся суммой всех этих значений: элементарная единица окраски — единичная полоса принималась за один, двойная полоса, имеющая форму латинской буквы V, принималась за два, W — за три.



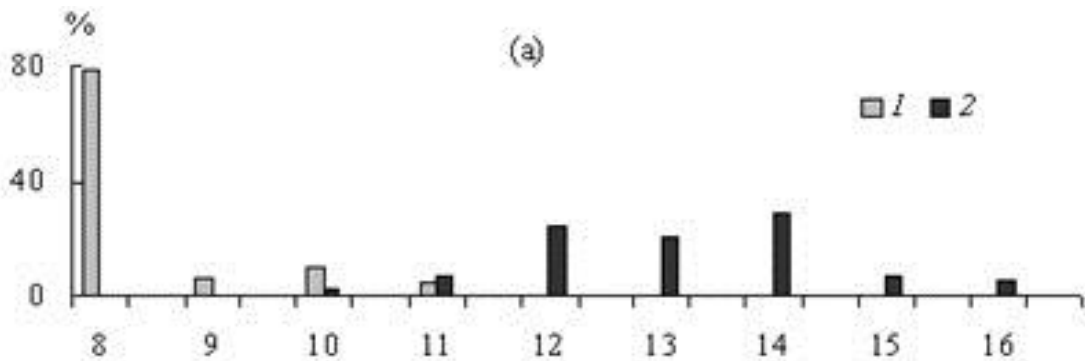
Немаловажно и то, что окраска окуня, а точнее, сочетание фенов, слагающих поперечно-полосатую пигментированность не изменяется в течение жизни и наследуется (Шайкин, 1990; Зеленецкий, Изюмов, 1994).

Сравнение частот встречаемости окуней с различным КП из различных биотопов



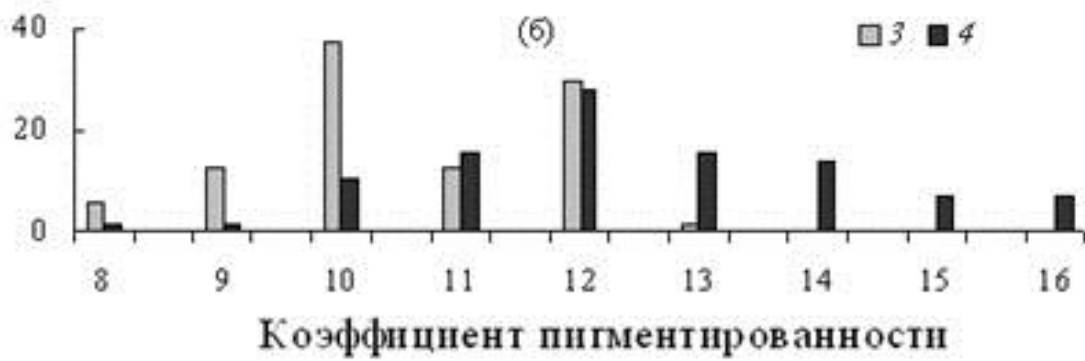
1 — пелагиаль,
2 — литораль

Частоты встречаемости окуней с различным КП в экспериментах по воздействию:



течения

1, 3 — опыт,
2, 4 — контроль



хищника

Расселение *Dreissena polymorpha* в Рыбинском водохранилище (Поддубный, 1971). 1 — граница распространения моллюска и год наблюдения.

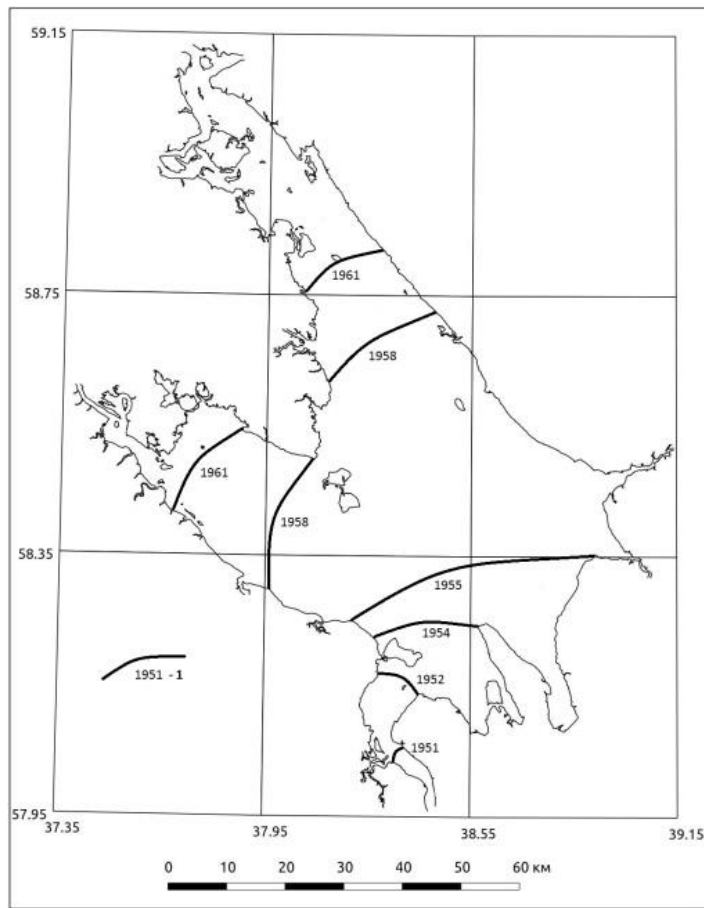
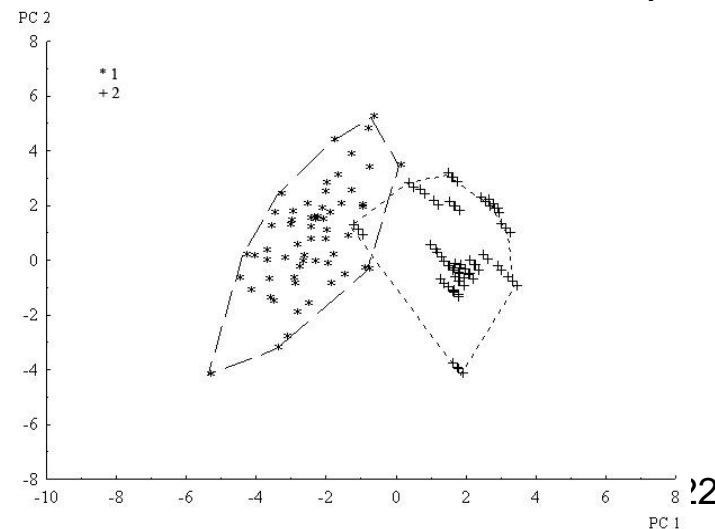
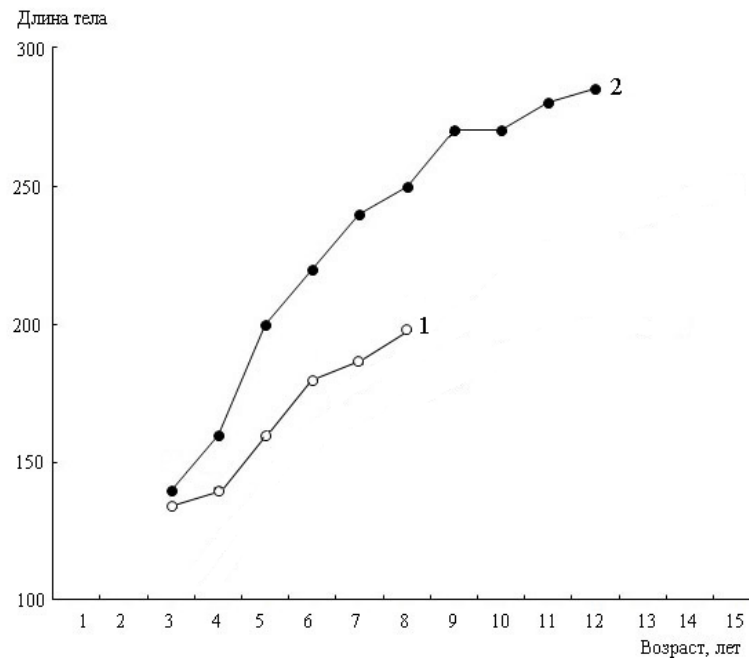
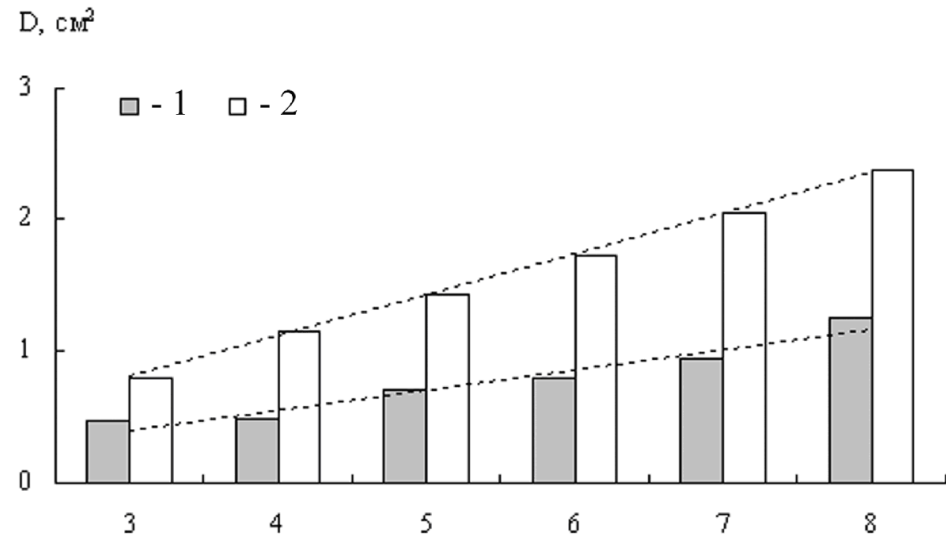
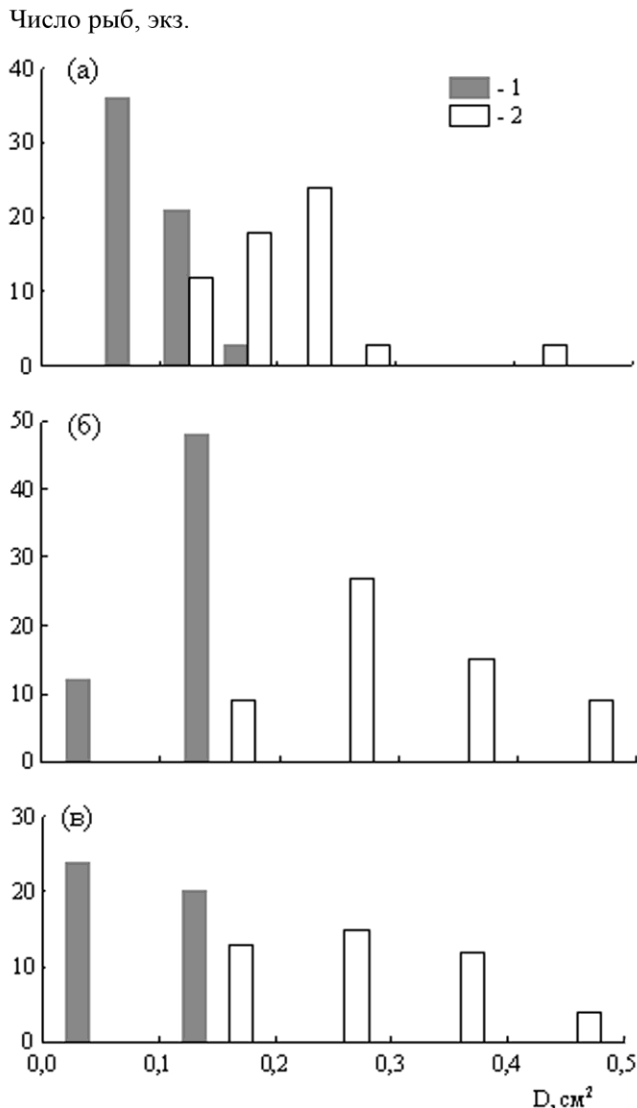


Диаграмма рассеяния в пространстве двух главных компонент (РС) по 18 пластическим признакам молоди плотвы разных группировок:
 1 — защищенные биотопы,
 2 — открытые биотопы.

Темп роста плотвы (наблюденный) Рыбинского водохранилища после вселения *Dreissena polymorpha* в 1976–1978 гг., 1 — плотва прибрежная, 2 — плотва придонно-пойменная.





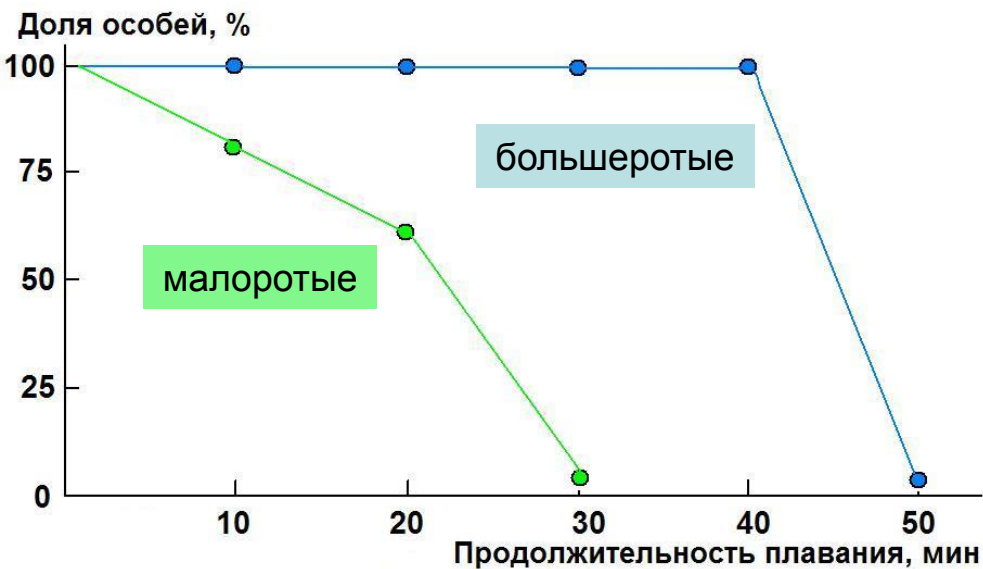
Изменения величины ротового отверстия D , см² у плотвы по мере ее роста (3+ ... 8+) в различных биотопах:

1 — защищенная литораль (из неводных уловов),
2 — открытое водохранилище (из траловых уловов).

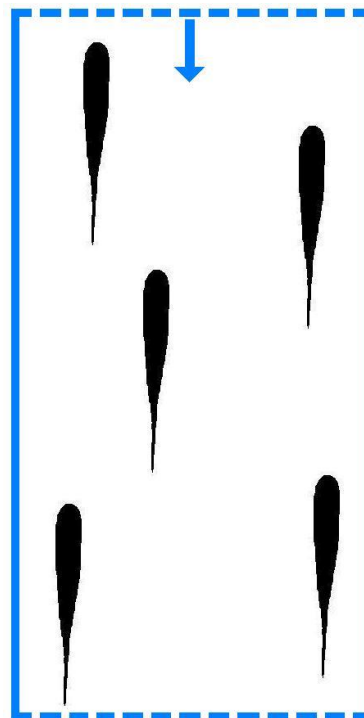
Величина ротового отверстия (D , см²) молоди плотвы на этапе развития F в защищенных (1) и открытых (2) биотопах; а — 1997 г., б — 1998 г., в — 2005 г.

Плавательная способность молоди плотвы

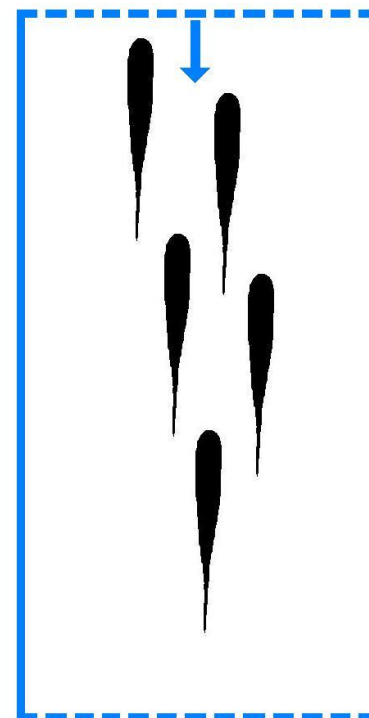
Устойчивость молоди плотвы к потоку воды со скоростью 50 см/с



Форма стаи у молоди плотвы в потоке воды со скоростью 50 см/с



малоротые



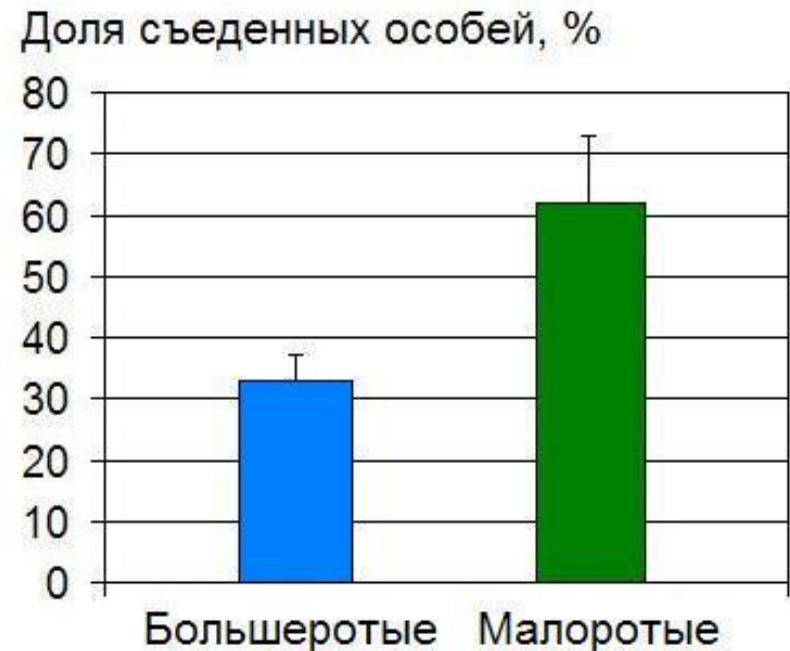
большеротые

Оборонительное поведение молодежи плотвы из разных местообитаний

Время выедания всей стаи плотвы хищником, мин.



Доля особей в смешанной стае, после ее 50% выедания, %



U - критерию Манна - Уитни: $p < 0.05$.

Средний размер кормовых организмов (мм) молоди плотвы на разных этапах малькового развития в различных биотопах

Тип биотопа	Этап F	Этап G	Кормовые организмы
Защищенный	0.50±0.03*	0.55±0.05***	<i>Daphnia galeata</i> ; <i>Bosmina longispina</i>
Открытый	0.60±0.05	0.90±0.06	<i>Ceriodaphnia pulchella</i> ; <i>Scapholeberis mucronata</i>

Примечание. В таблице приведены среднее арифметическое и ошибка средней. Достоверность различий по критерию Стьюдента: *** — $p < 0.001$; * — $p < 0.05$

Размера рта является адаптивным признаком и в более старшем возрасте, после перехода на питание моллюсками. Моллюск *D. polymorpha* достигает значительных размеров, а плотва употребляет в пищу особей размером до 20 мм (Shcherbina, Buckler, 2006).

Тогда как, ее основные конкуренты: густера – 14 мм, лещ – 10 мм.



20 мм
Плотва

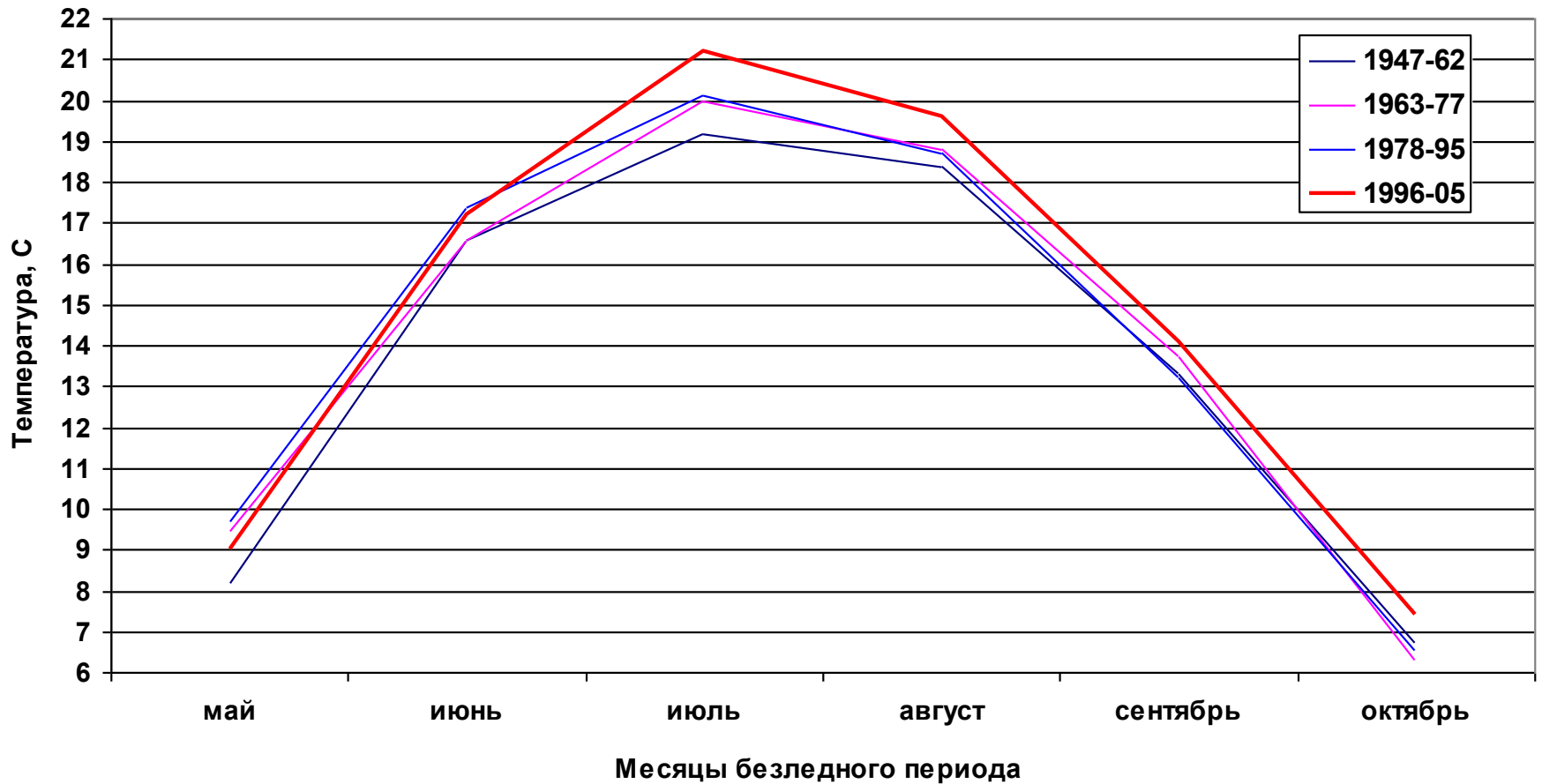


14 мм
Густера



10 мм
Лещ

Динамика температуры воды в безледный период в Рыбинском водохранилище



- С периодом потепления совпали такие явления в Рыбинском водохранилище , как:
- Исчезновение снетка
- Появление тюльки
- Колебания численности налима и снижение скорости его линейного и весового роста

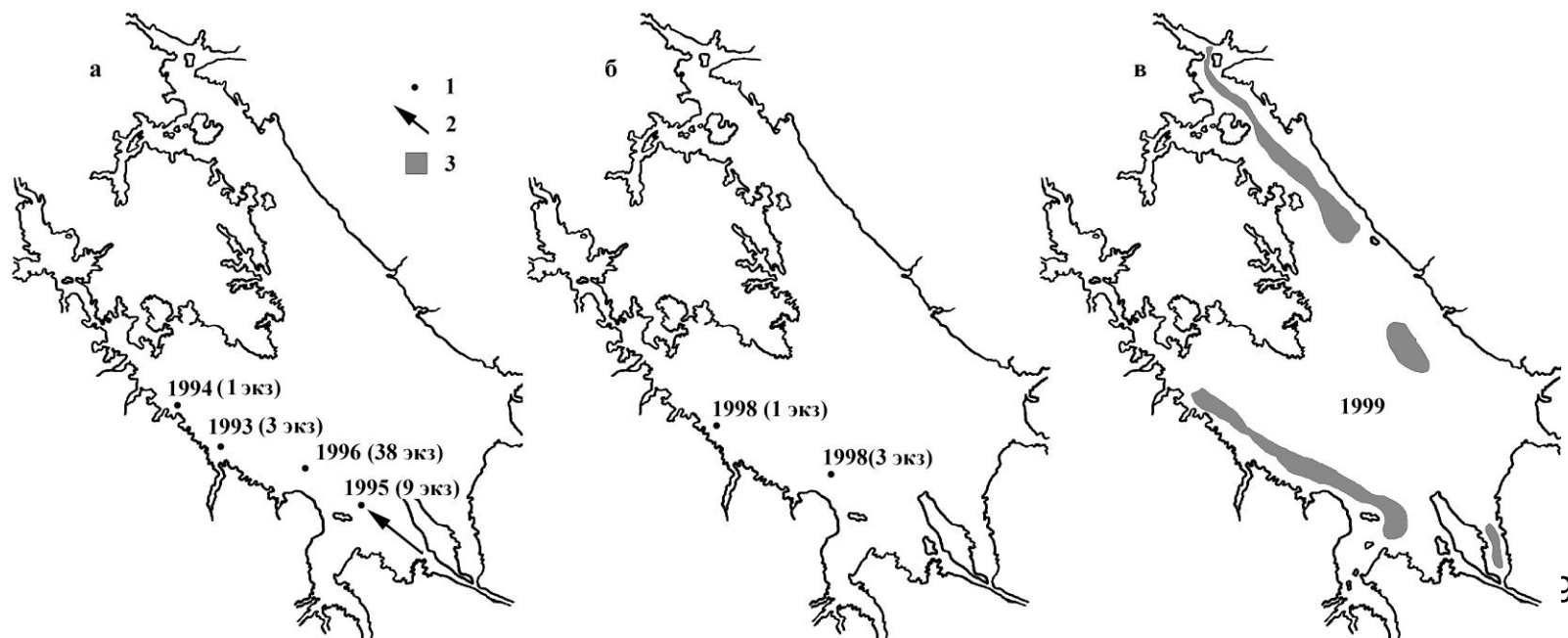
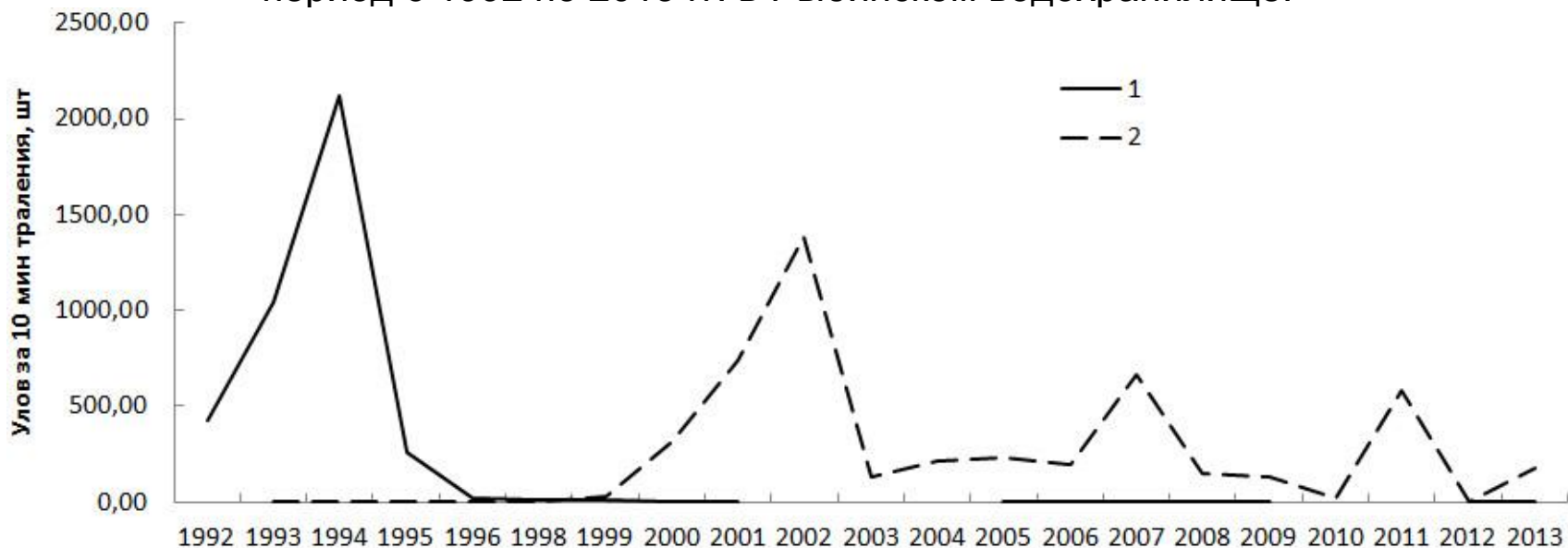
Ледовые явления на Рыбинском водохранилище

Период, гг.	Средняя дата		Продолжительность периода, свободного ото льда*, (дни)
	очищения ото льда весной	появления ледяных образований осенью	
1961–1990	3 V	11 XI	193
1976–2010	30 IV	13 XI	198
2001–2010	26 IV	24 XI	220

Даты перехода температуры воды Рыбинского водохранилища через 10°С

Период, гг.	Даты перехода T воды через 10°С		Продолжительность «биологического» лета
	Весной	осенью	
1947–1975	17 V	22 IX	129
1976–2012	14 V	30 IX	140
2001–2012	14 V	3 X	143

Динамика относительной численности (улов на усилие) корюшки (1) и тюльки (2) в период с 1992 по 2013 гг. в Рыбинском водохранилище.

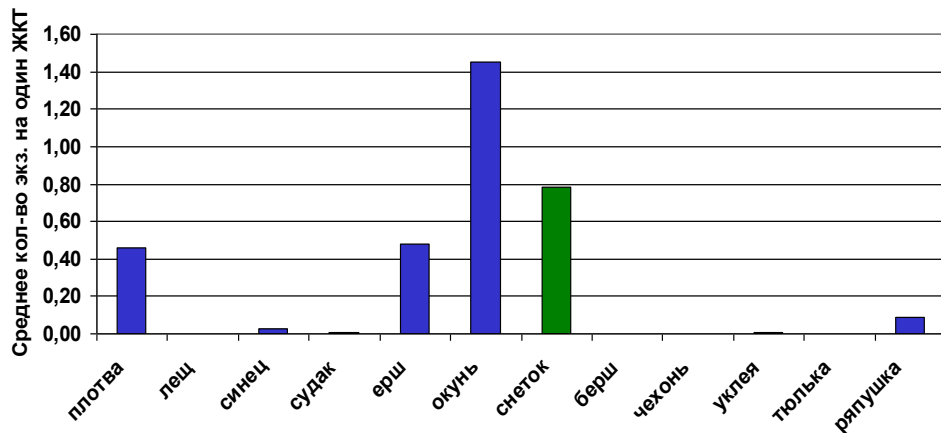


**Состав пищи хищных рыб Рыбинского водохранилища в 2000-е гг.
(% от общего количества содержимого)**

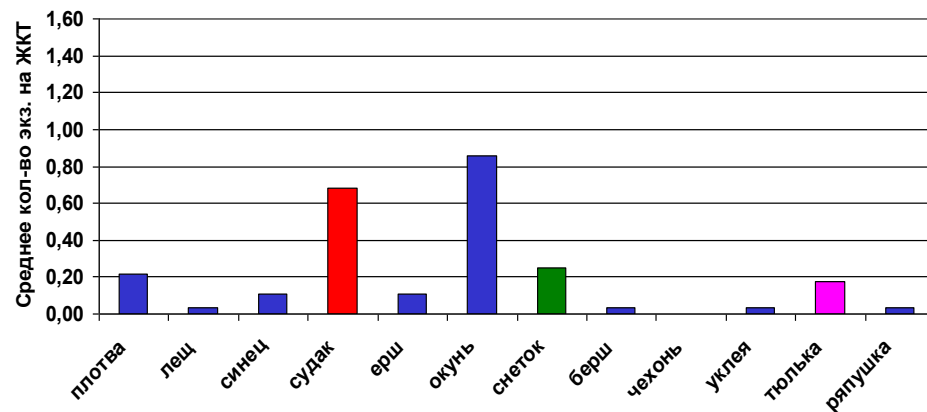
Вид-жертвы	Судак	Щука	Налим	Окунь	Берш
тюлька	37,2	10,7	13,1	51,5	9,6
окунь	30,5	15,3	34,3	13,1	82,2
ерш	12,9	4,6	42,1	–	4,1
плотва	3,4	37,5	5,5	25,4	–
корюшка	–	–	–	–	–
судак	3,7	6,1	–	–	4,1
лещ	3,7	16,8	1,6	–	–
синец	1,2	1,5	0,7	4,6	–
густера	0,9	5,3	–	–	–
уклейка	–	–	0,3	5,4	–
чехонь	0,3	–	–	–	–
ряпушка	6,2	–	0,7	–	–
щука	–	0,7	1,0	–	–
налим	–	1,5	–	–	– 30

Динамика спектра питания судака Рыбинского водохранилища

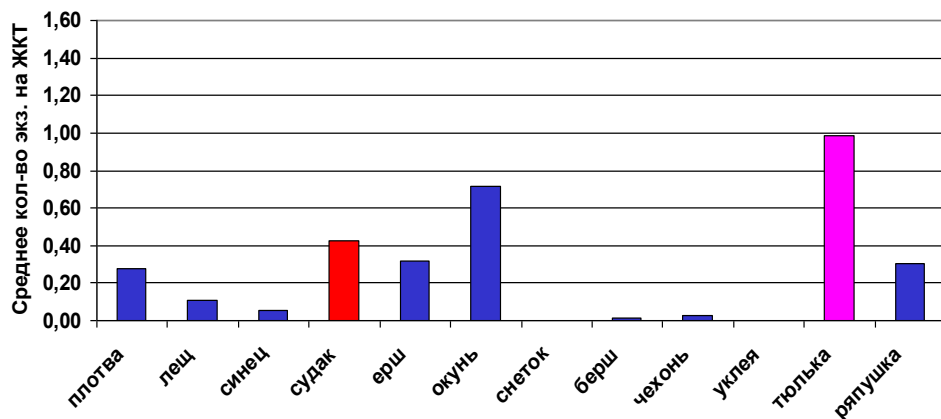
80-е



90-е



2000-е



Osmerus eperlanus (Linnaeus, 1758) - европейская корюшка, снеток. высота/длина тела – **1/6,4**



Clupeonella cultriventris (Nordmann, 1840) - черноморско-каспийская тюлька – **1/3,3**

Соотношение длин сегментов судака и его кормовых объектов связано с формой тела последних (Романова, 1958).

В июле у судака длиной **25** мм длина жертв – **окуня, судака, снетка** – составляла соответственно **50, 73 и 96%** от длины хищника. Это указывает на то, что наибольшую относительную длину имели рыбы прогонистые, с наименьшей высотой тела.

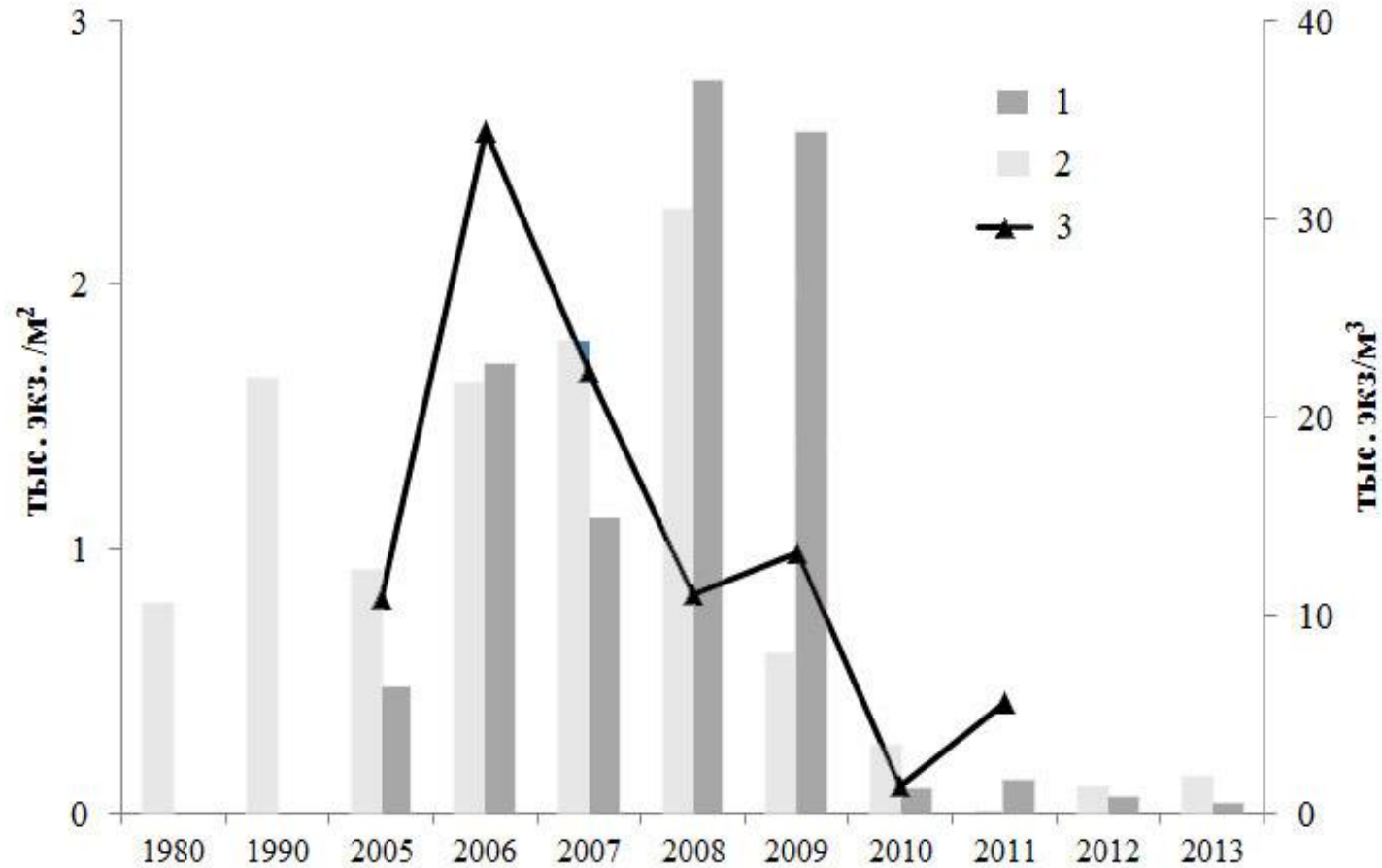
Линейный рост и значения зубных индексов (h/b) плотвы из разных участков Рыбинского водохранилища в разные годы наблюдений

Год сбора	4	5	6	7	8	9	10	11	12	зубной индекс h/b
1994 г.			163	175	186	222	233	259		3.21 2.4-4.2
1995 г.	132	146	160	169	179	188	219			3.28 2.7-4.1
2000 г.			165	178	199	207	223	235	245	3.52 2.6-4.9
2010 г.					228	240	256	280	312	2.76 2.3-3.3

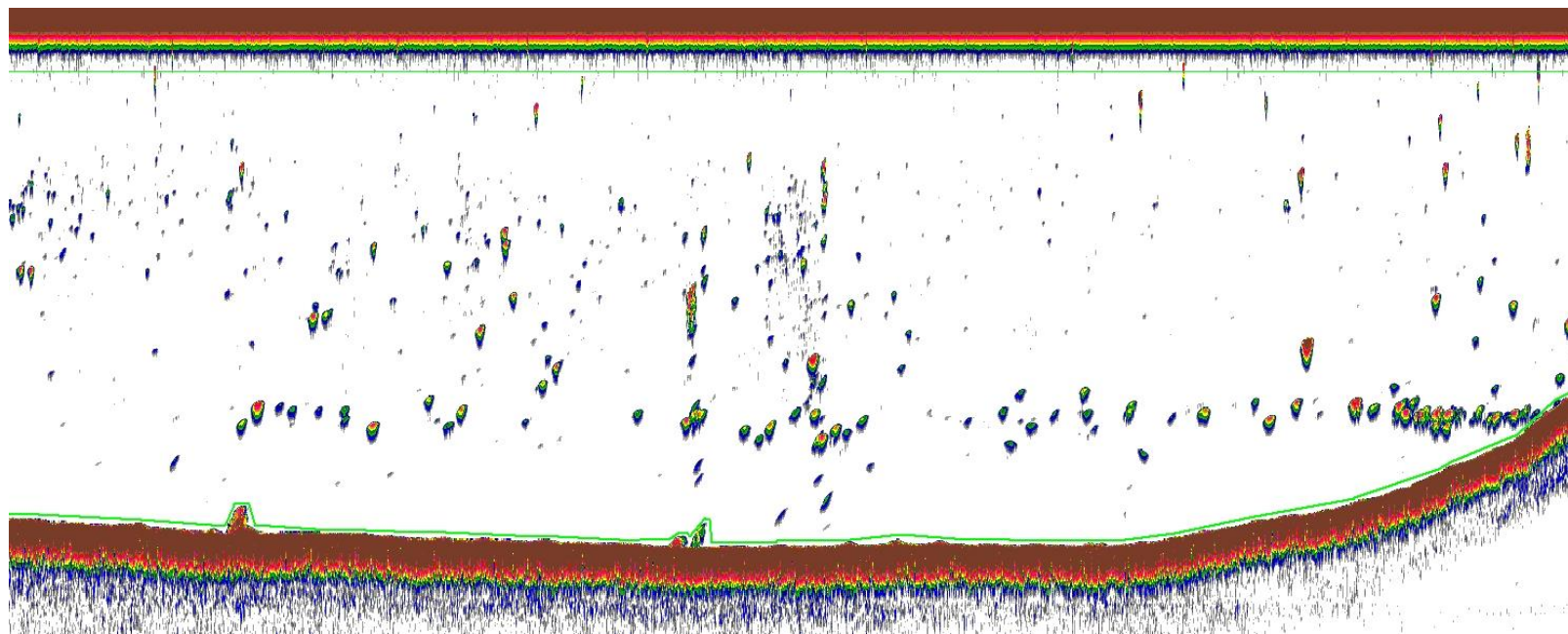
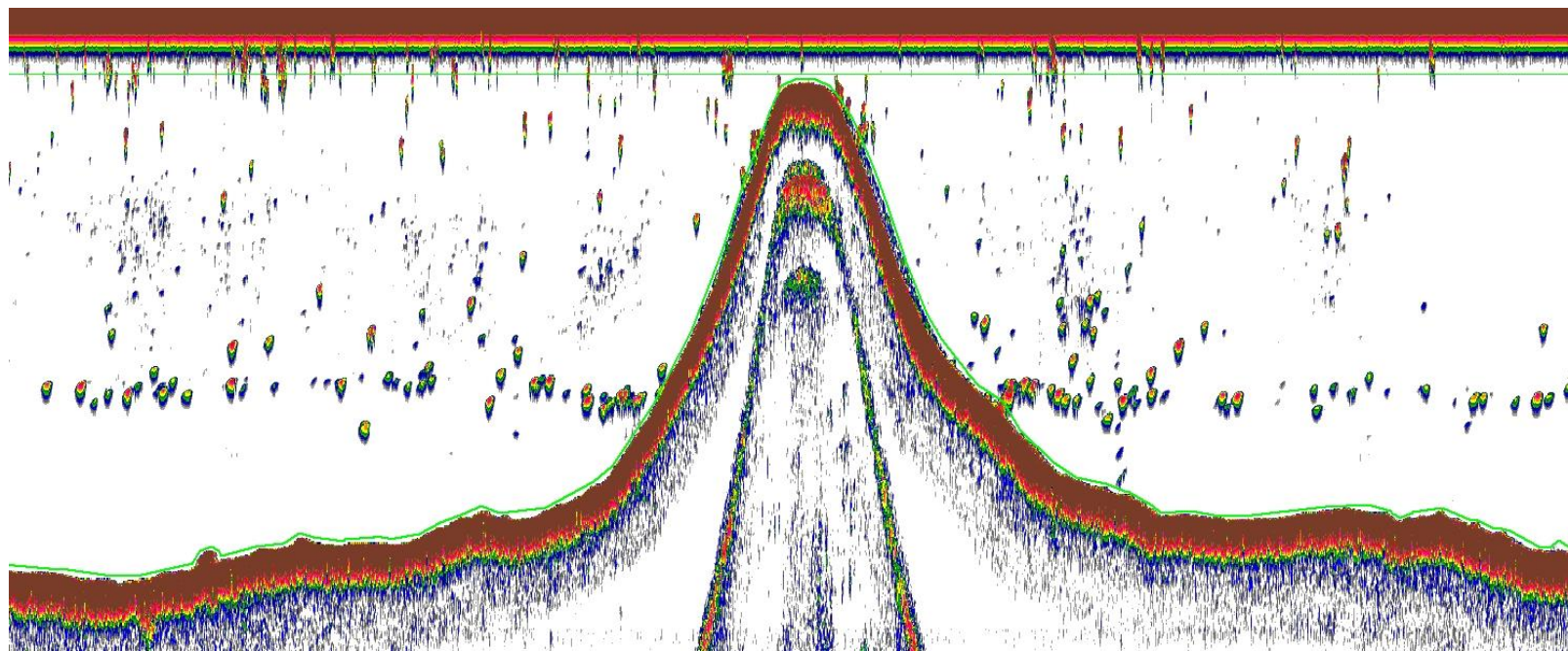
Повышение темпа роста и снижение значения зубных индексов у плотвы к концу 2000-х гг., очевидно, объясняется улучшением кормовых условий для моллюсковидной морфы, что стало следствием вселения в 1997 г. другого вида дрейссены — *Dreissena bugensis* (Andrusov) (Orlova et al., 2000).

Основными причинами данного явления авторы называют устойчивость *D. bugensis* к заилению дна водоема и дефициту растворенного в воде кислорода (Shcherbina, Buckler, 2006).

Динамика численности *Dreissena bugensis* (1) и *D. polymorpha* (2) и их велигеров (3) в Рыбинском водохранилище с 1980 по 2013 гг.



Распределение рыб в Рыбинском водохранилище летом 2010 г (Simrad EY-500)



Распределение рыб Рыбинского водохранилища по отдельным биотопам по данным гидроакустики (кг/га)

Биотоп	1999	2000	2001	2002	2003	2004
мелководная пойма, < 6 м	66	3	6	7	10	8
глубокая пойма, от 6 до 10 м	335	183	198	166	103	198
русло, > 10 м	353	324	263	221	178	58



Снижение ихтиомассы и увеличение температуры

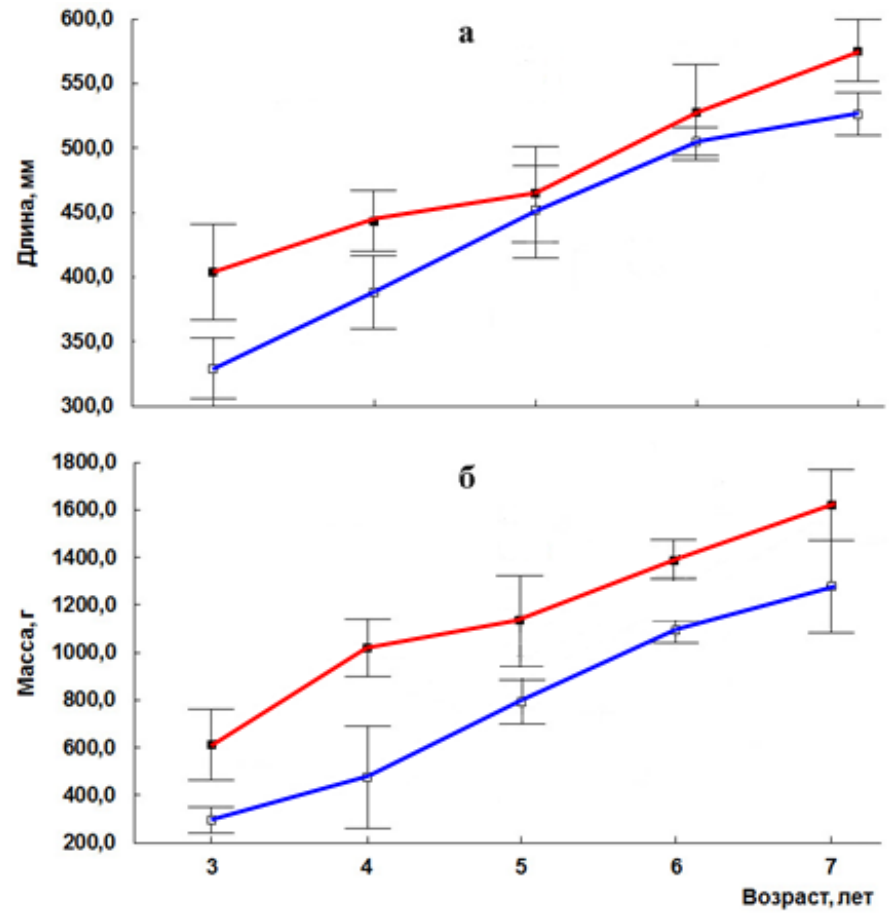
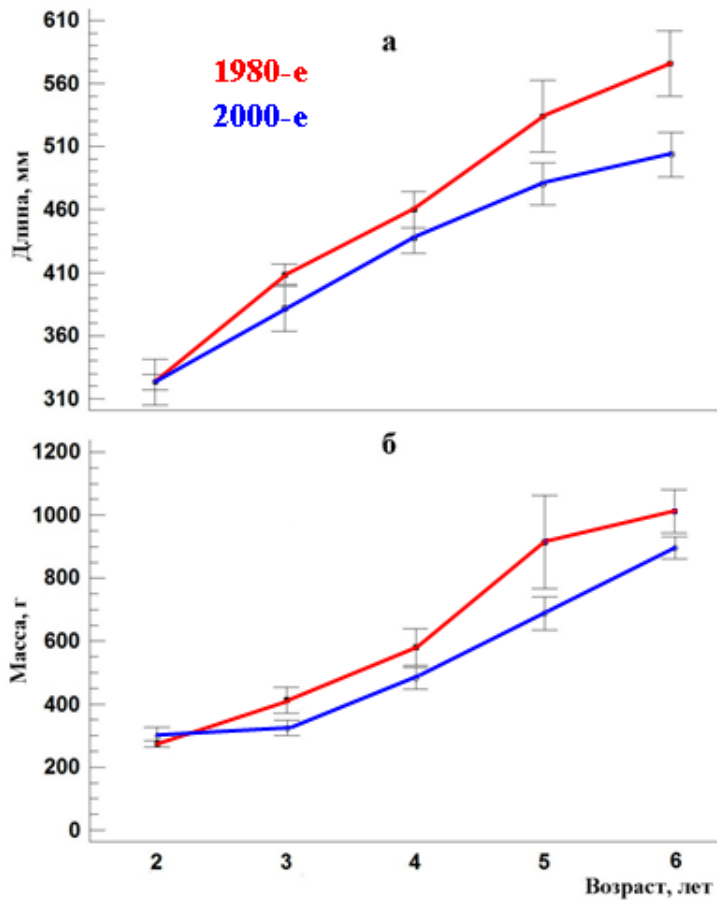
Динамика уловов в Рыбинском водохранилище за период с 1998 по 2013 гг. и возрастной состав налима в уловах исследовательского трала в 2009 г.



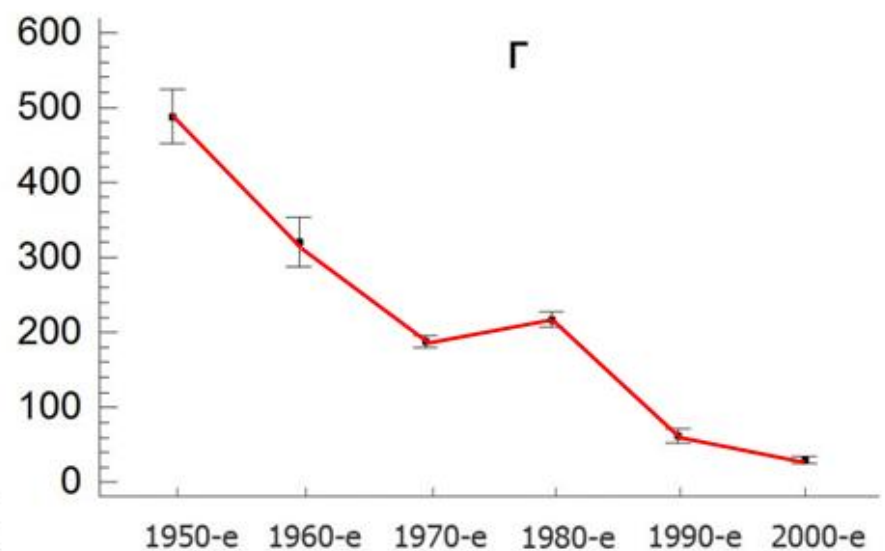
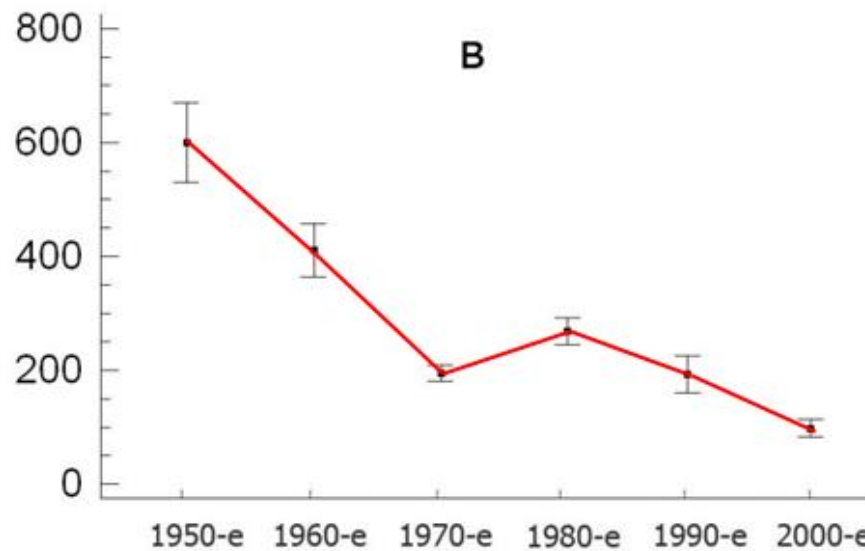
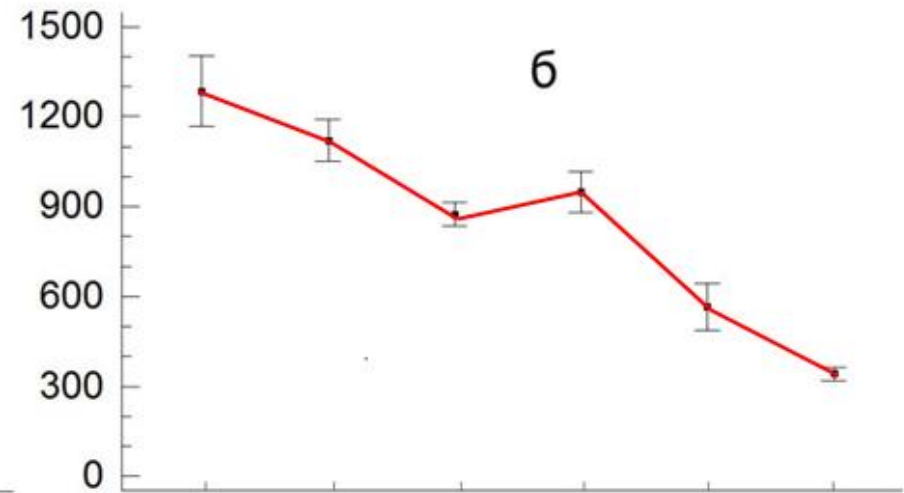
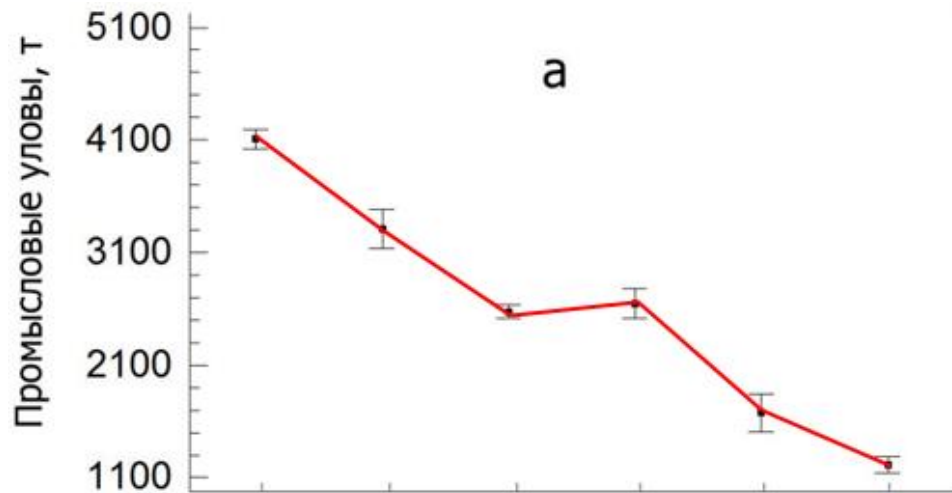
Линейный (А) и весовой (Б) рост налима из уловов исследовательских тралов в 1980-е и 2000-е годы и из уловов промысловых ловушек в 1980-е и в 2000 гг.

Исследовательские тралы

Промысловые ловушки



Промысловые уловы: общие (а), леща (б), судака (в), и щуки (г).

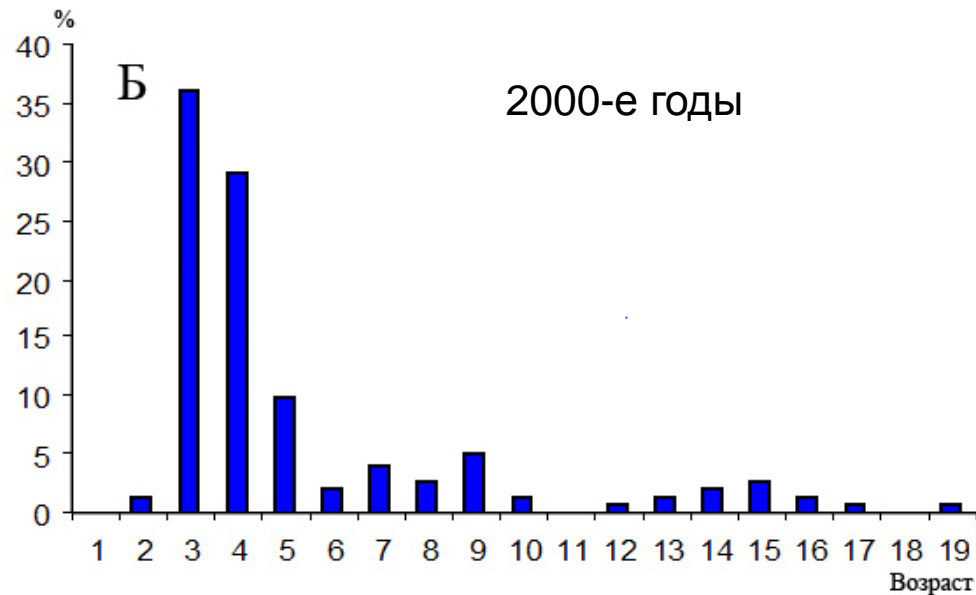
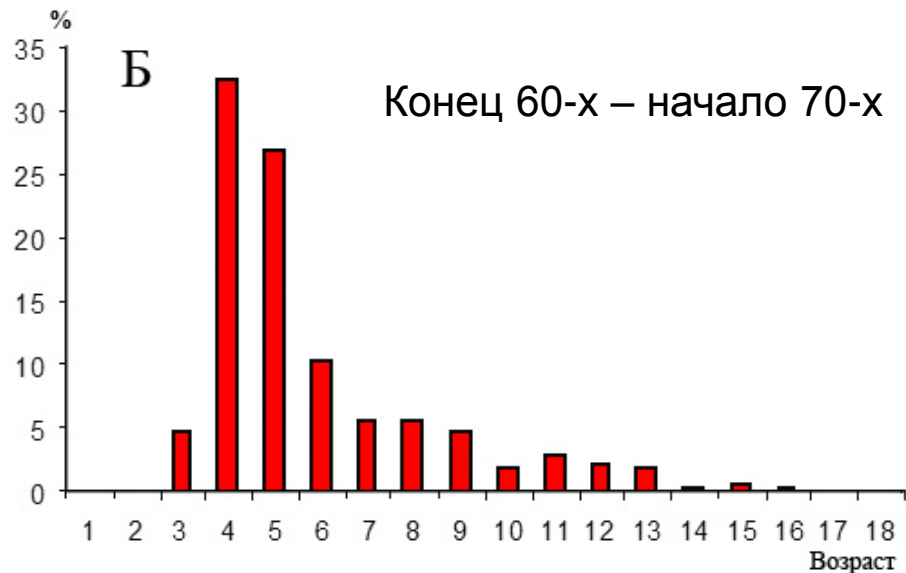
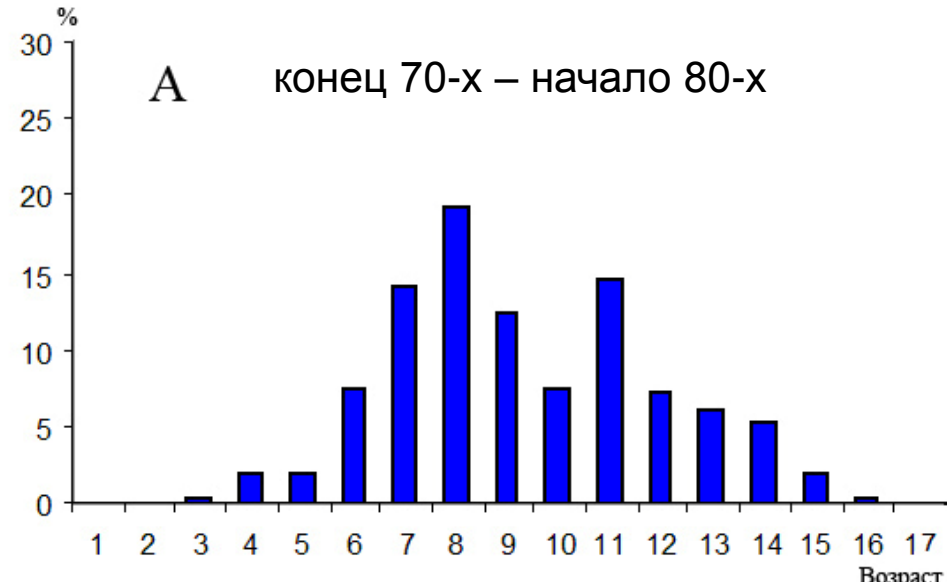
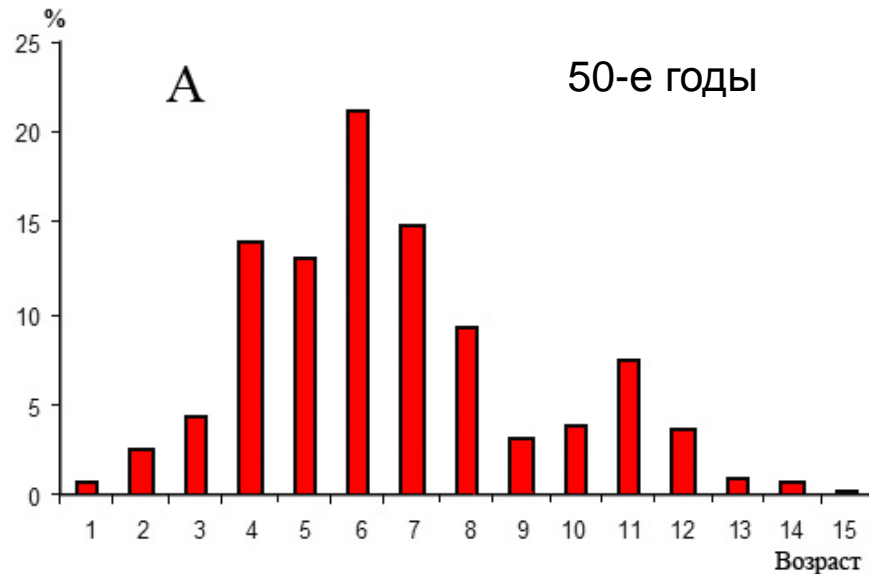


- Значительное снижение общих уловов, уловов леща, щуки и судака Рыбинского водохранилища не связан с пищевым фактором.
- Этот вывод подкрепляется синхронностью снижения уловов леща и судака, хотя из них бентофаг, а второй – хищник. Щуки и судака имеющих различные спектры питания и места нагула

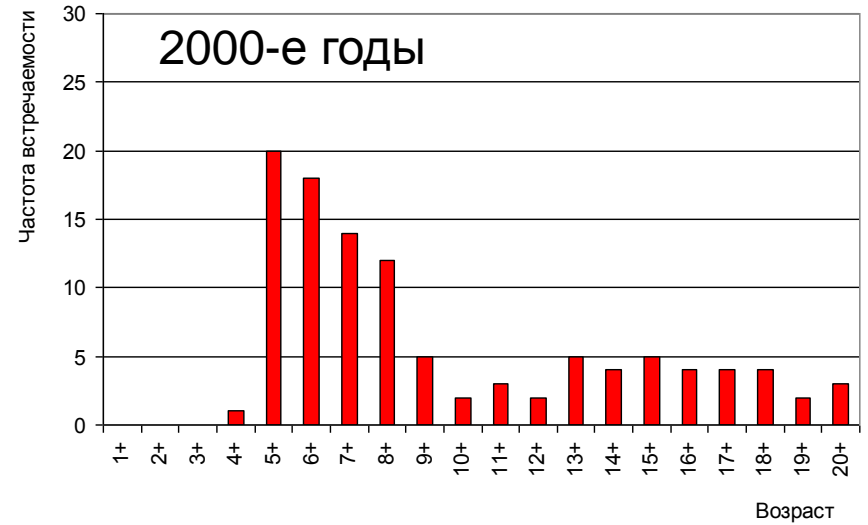
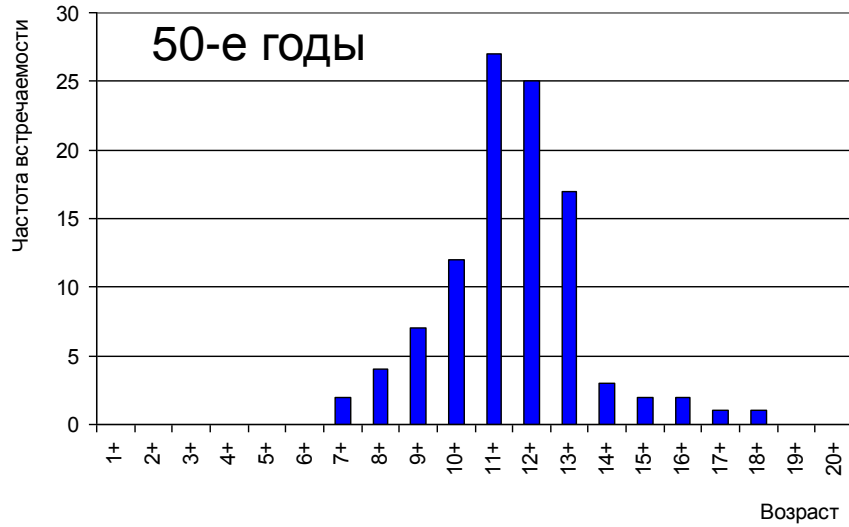
- **Анализ фактического материала, накопленного в современной литературе, показывает, что обычно интенсивный вылов связан со значительным омоложением возрастного состава стада рыб.**

Никольский Г. В. 1961.

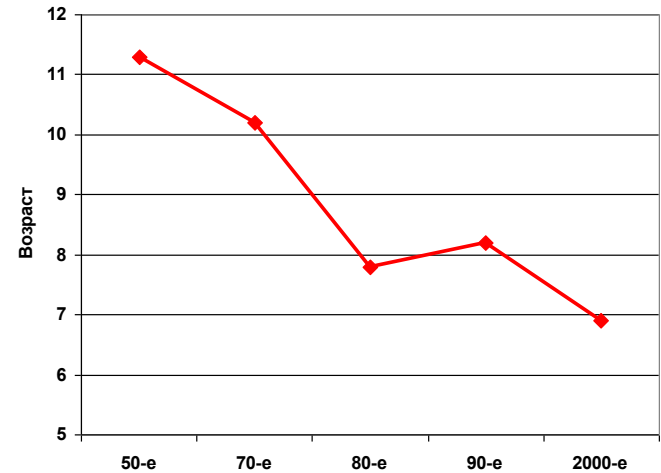
Возрастной состав популяции леща



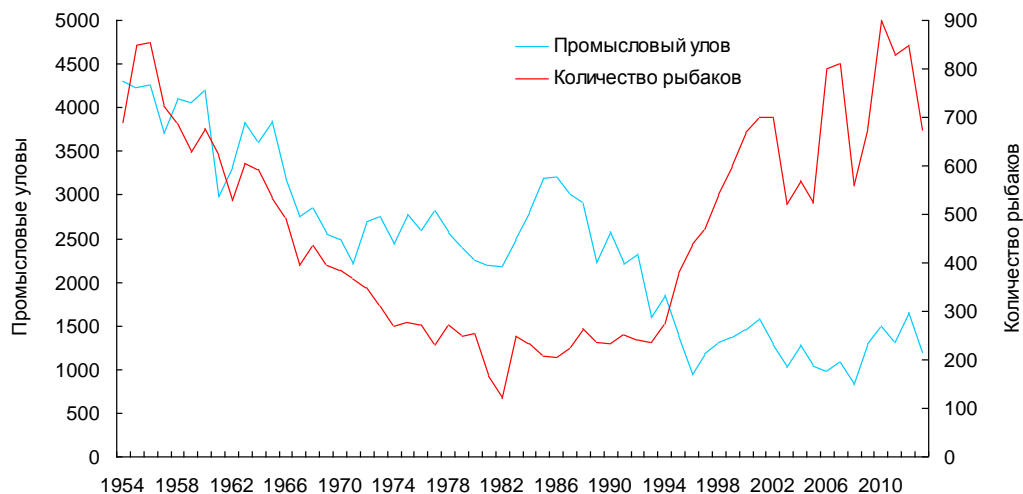
Возрастная структура нерестового стада леща Рыбинского водохранилища



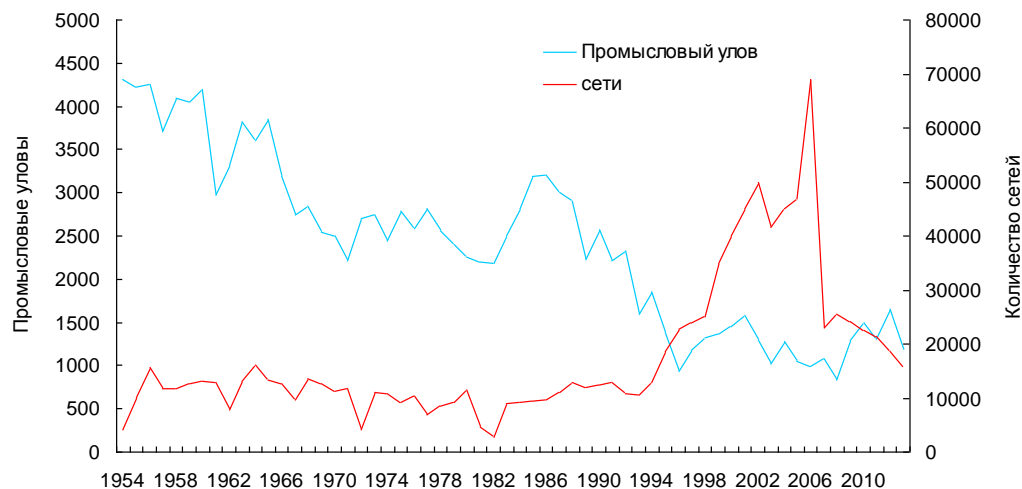
**Средний возраст производителей леща
Рыбинского водохранилища в разные годы**



Динамика ихтиомассы и состояния промысловой базы

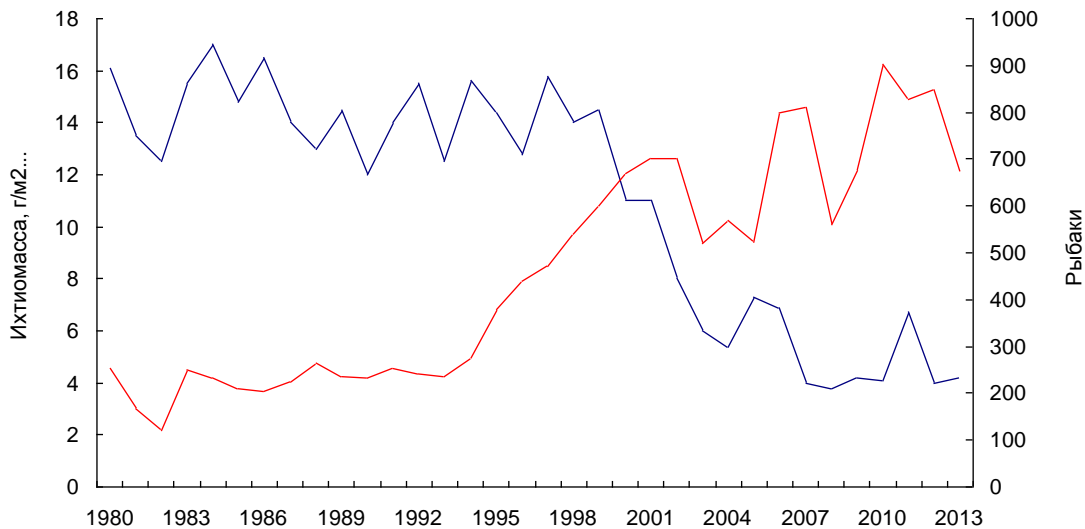


А – динамика количества **рыбаков** (1) и **промысловых уловов** (2);

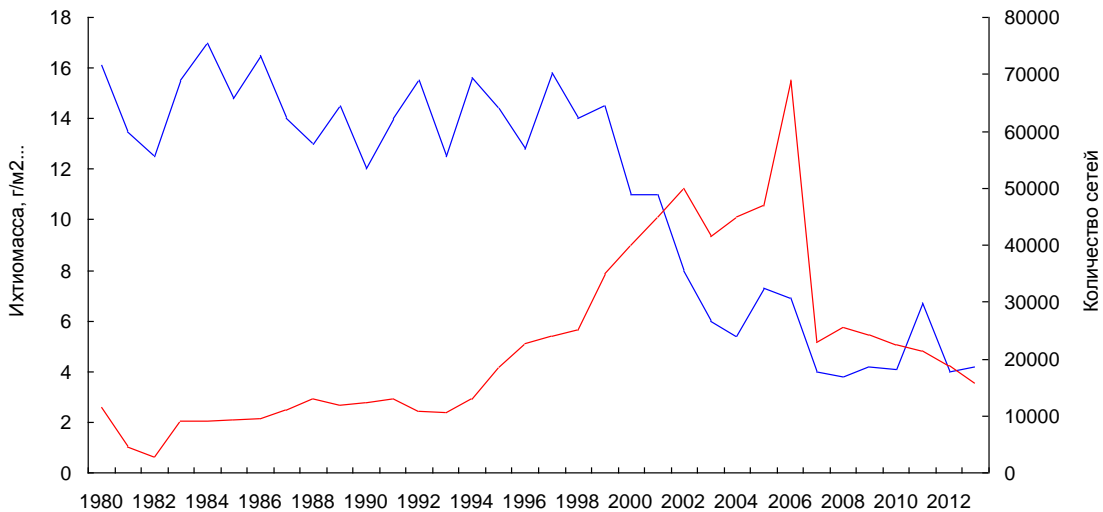


Б – динамика общего количества **сетей** (1) и **промысловых уловов** (2)

Динамика ихтиомассы и состояния промысловой базы

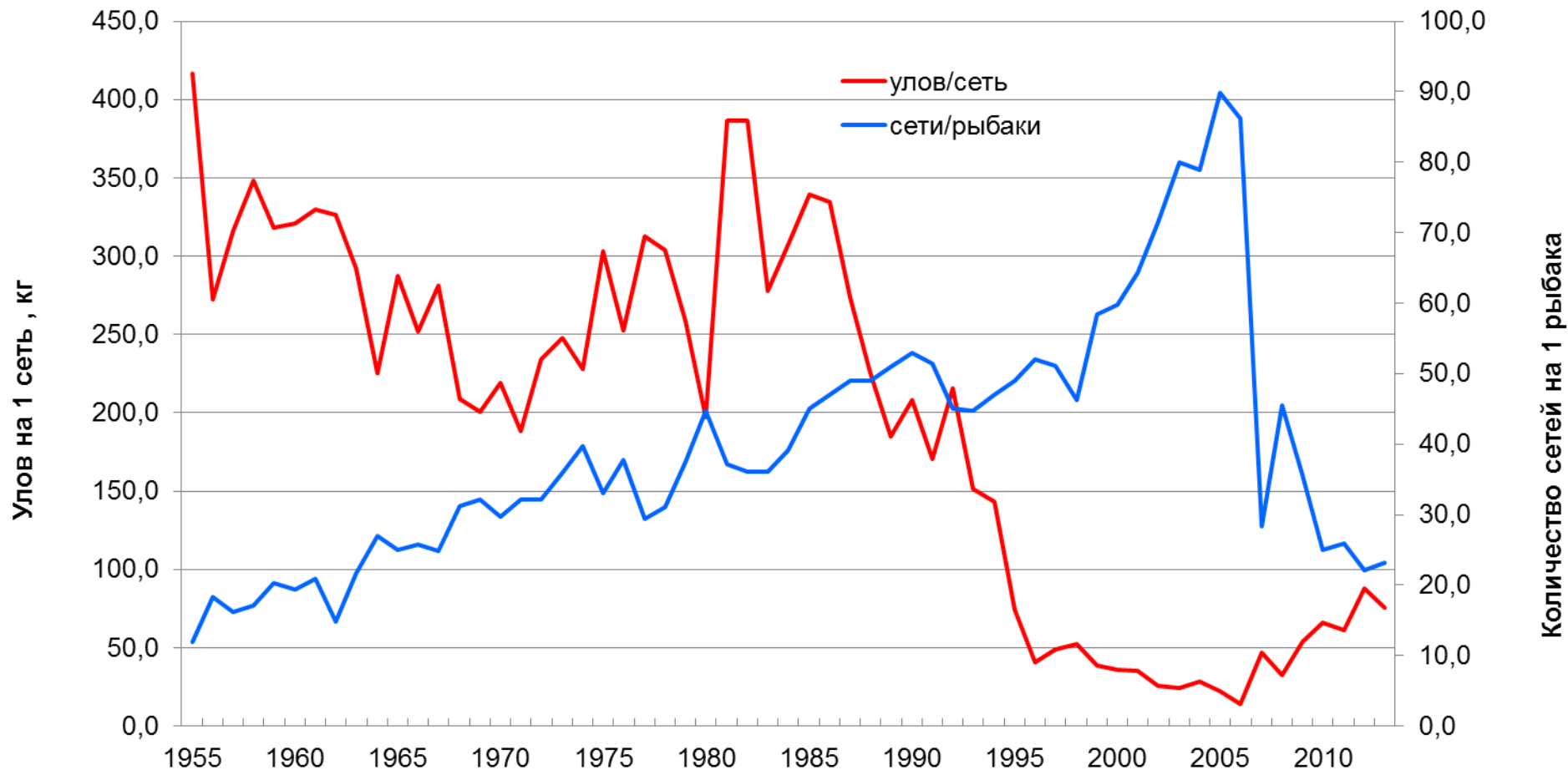


А – динамика количества
рыбаков (1) и
ихтиомассы (2);



Б – динамика общего
количества сетей (1) и
ихтиомассы (2)

Динамика официальных показателей «улов на одну промысловую сеть» и «количество сетей на одного рыбака»

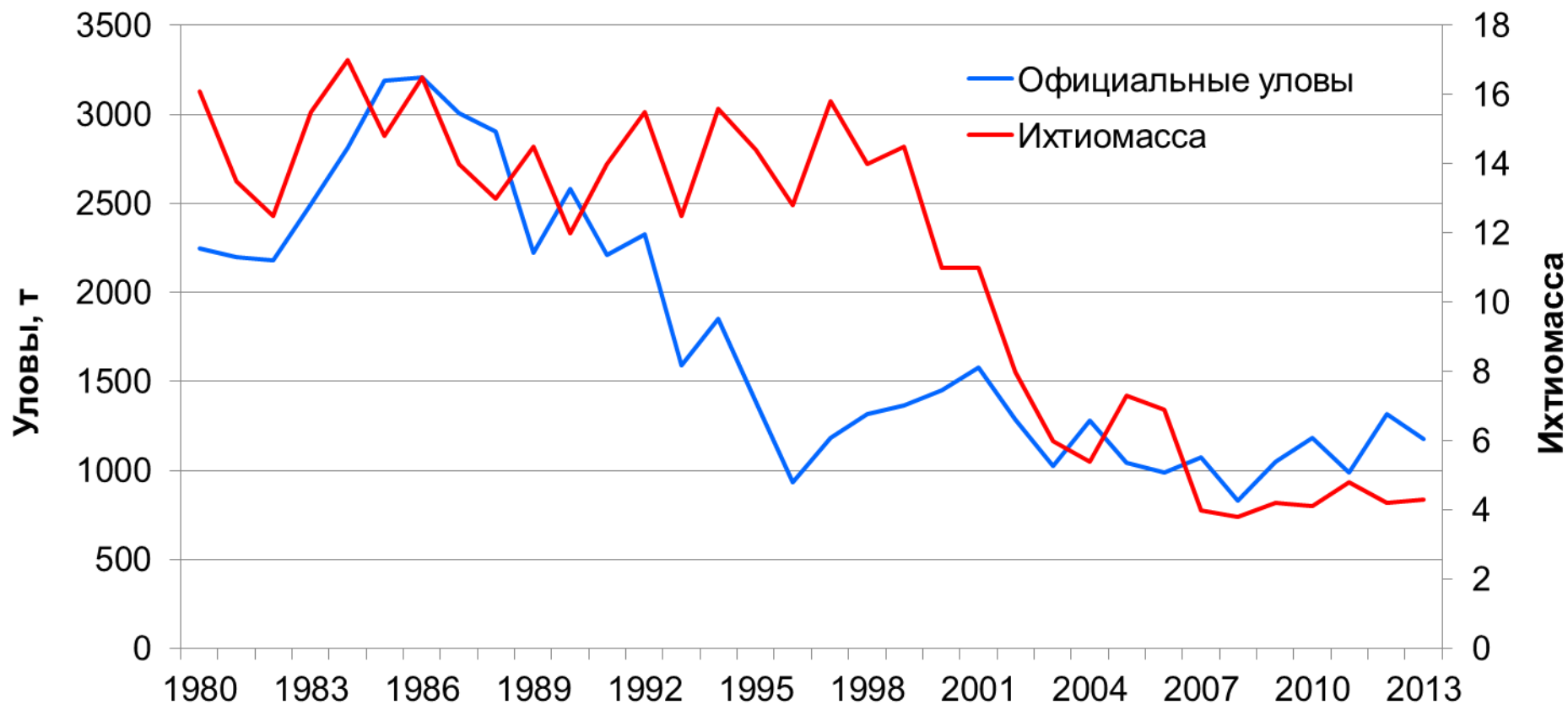


Вылов на 1 сеть:

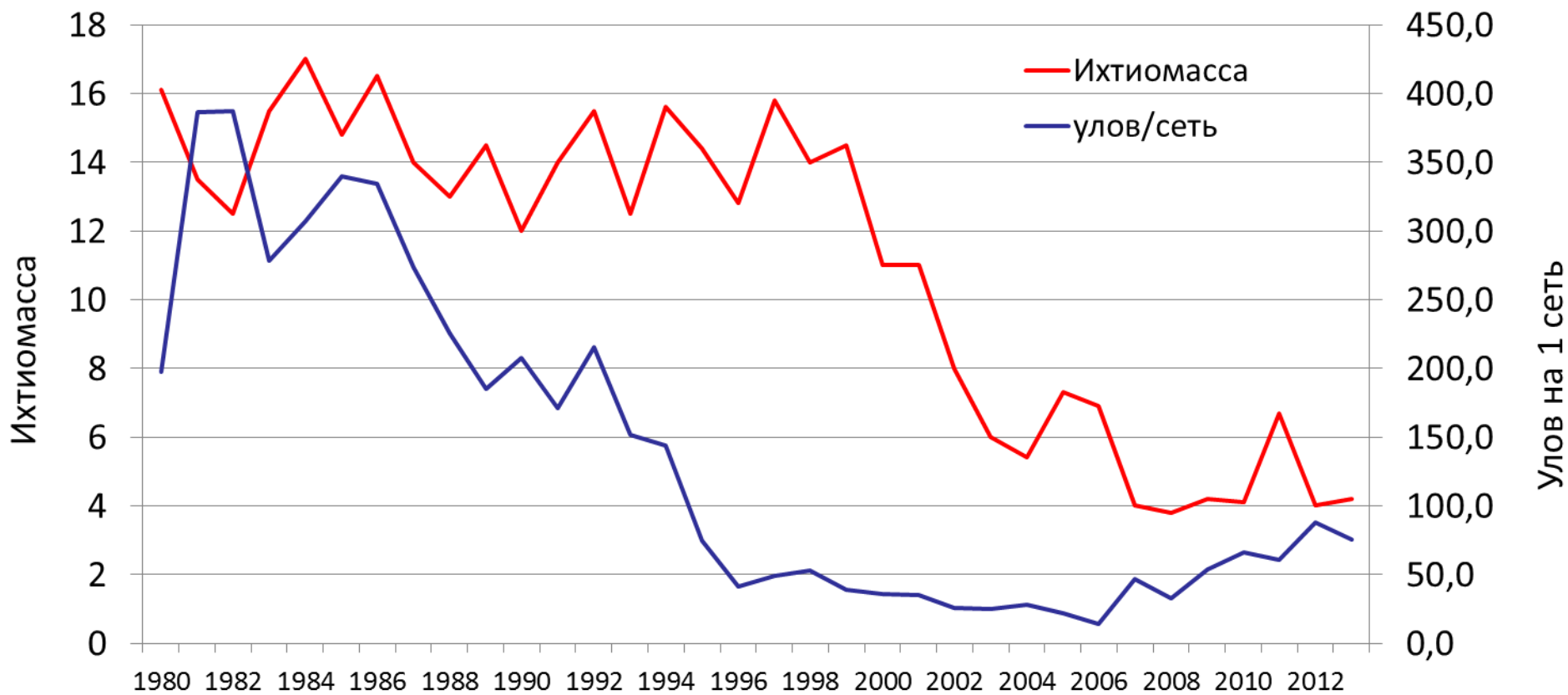
по данным промысловой статистики – **около 10 - 50 кг** в год.

по данным контрольных постановок сетей, на тех же участках (по данным ФГУ «Верхневолжрыбвод и ИБВВ РАН вылов оставляет около **100 - 200 кг** в год

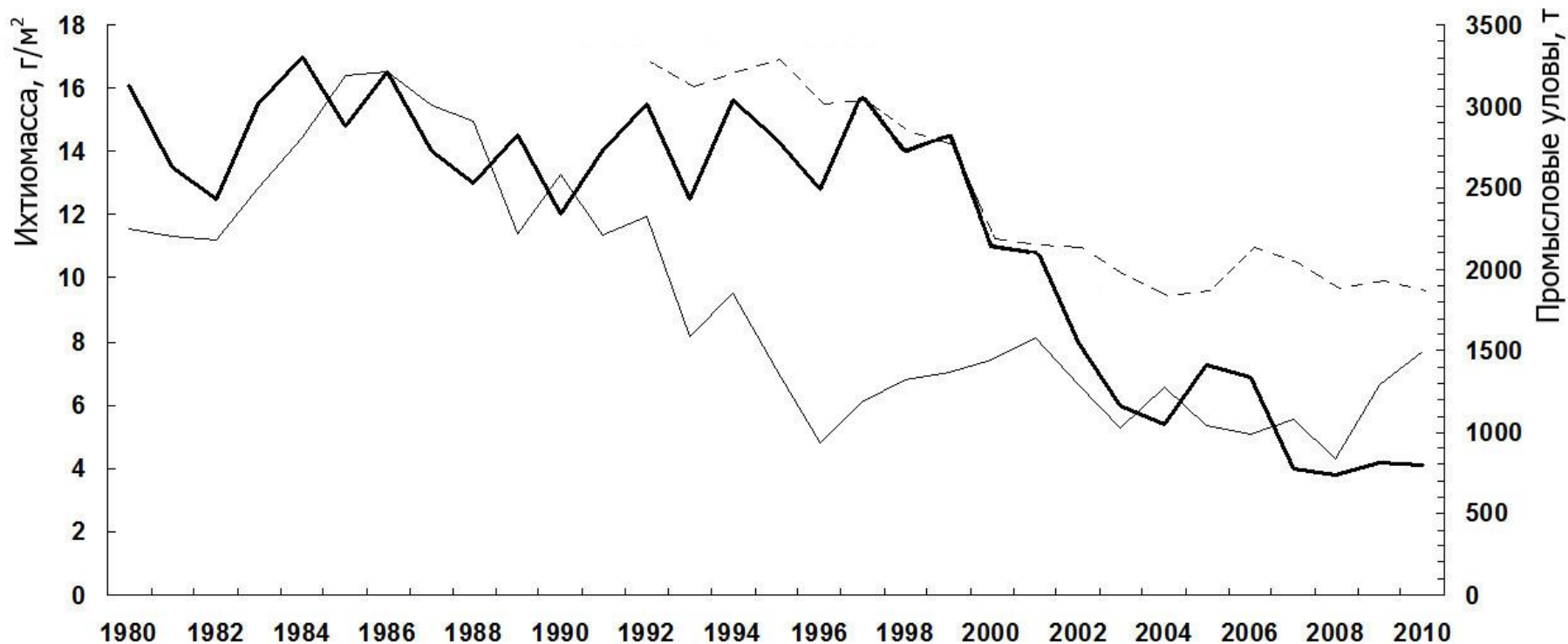
Средняя икhtiомасса (кг/га), официальные промысловые уловы (промысловая статистика) за период с 1980 по 2013 годы



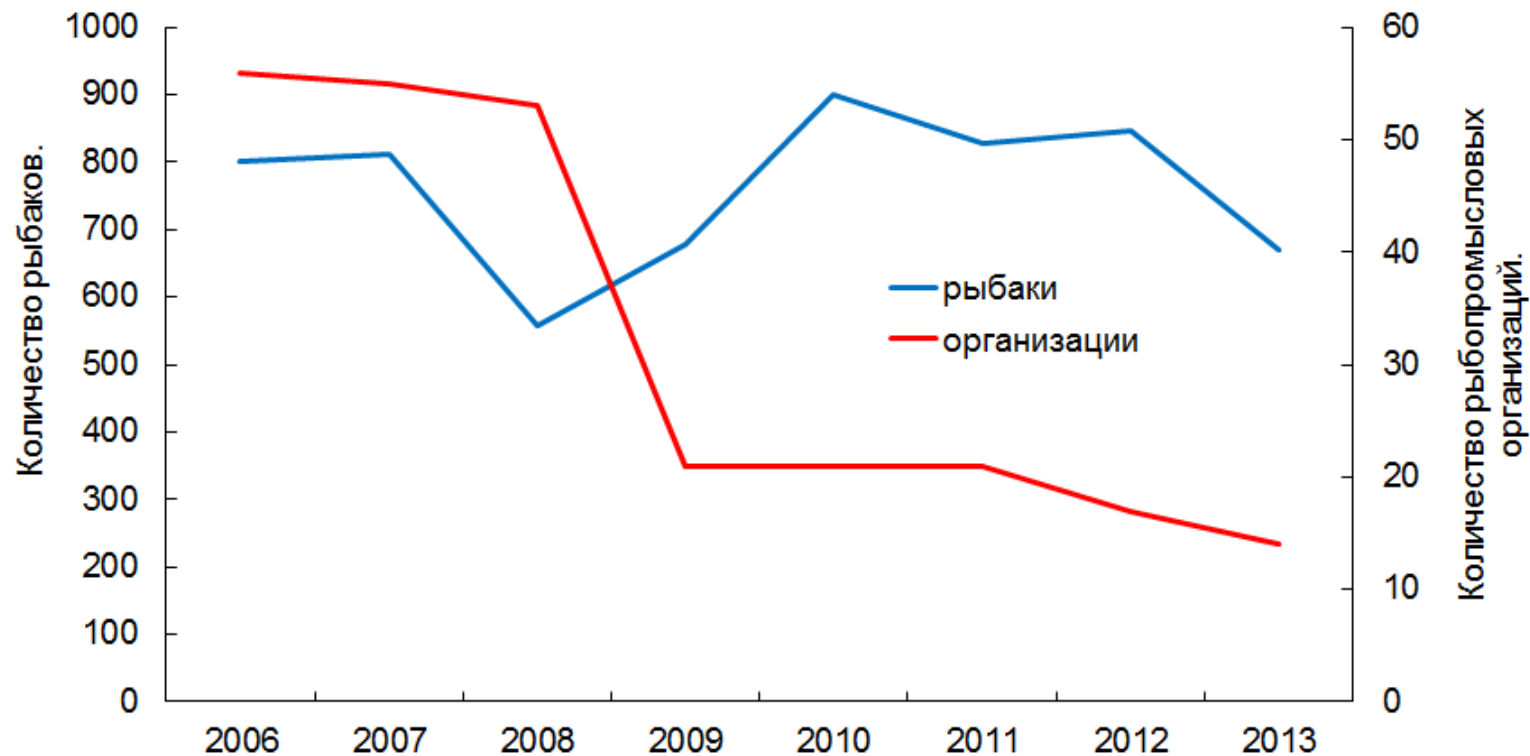
Динамика ихтиомассы и уловов на одну промысловую сеть в Рыбинском водохранилище за период с 1980 по 2013 гг.



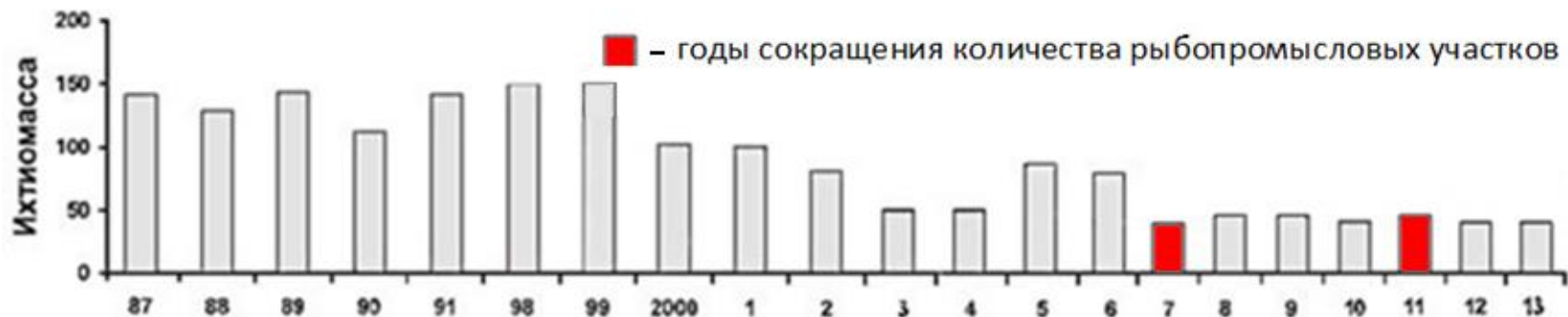
Ихтиомасса (г/м²) по данным гидроакустических съемок (толстая линия), официальные промысловые уловы (т) (тонкая линия) и фактические промысловые уловы с учетом нелегального изъятия (т) (пунктирная).



Динамика показателей промысловой нагрузки на Рыбинском водохранилище.



Средняя ихтиомасса (кг/га) на Рыбинском водохранилище за период с 1987 по 2013 годы по данным гидроакустических съемок



Основные факторы способные оказать критическое влияние на состояние запасов рыб Рыбинского водохранилища

- Кормовая база рыб
- Вселенцы (конкуренция)
- Уровенный режим (условия для нереста и нагула молоди)
- Температурный режим (потепление климата)
- Вылов рыбы (легальный и нелегальный).

Трехкратное сокращение числа рыбопромысловых организаций на Рыбинском водохранилище не оказали заметного положительного влияния на динамику запасов основных промысловых видов рыб. Причина в несовершенстве законодательства в области регулирования всех видов рыболовства и отсутствии должного контроля со стороны соответствующих государственных структур, что способствует росту нелегальной добычи рыбы, нивелирующей эффект даже при кардинальном снижении промысловой нагрузки.

A wide-angle photograph of a turbulent sea under a dramatic, cloudy sky at sunset or sunrise. The horizon is visible in the lower third of the frame. The sky is filled with dark, heavy clouds, with a bright glow of light breaking through near the horizon on the right side. The water is dark and choppy, with small waves visible in the foreground.

Спасибо за внимание