

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ РОССИИ

Дгебуадзе Юрий Юлианович

**Институт проблем экологии и эволюции
им. А.Н.Северцова РАН (г. Москва)
Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова
e-mail: dgebuadze@sevin.ru**

ТЕРМИНЫ

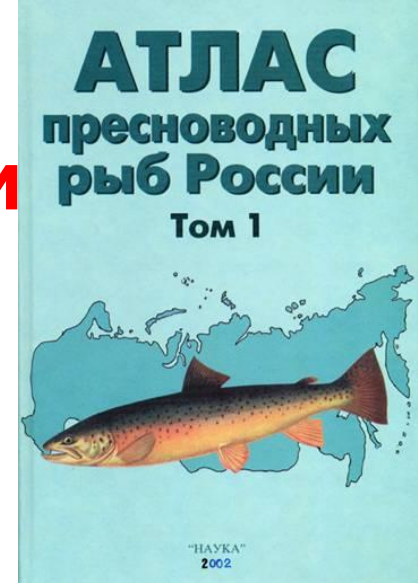
“ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ” ПОНИМАЮТСЯ
КАК ПРИРОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ (ПРЕЖДЕ
ВСЕГО, КЛИМАТИЧЕСКИЕ), И КАК
АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, КОТОРЫЕ
ВЛИЯЮТ НА ЕСТЕСТВЕННЫЕ И
ИСКУССТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

- **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ**
- **БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ**
- **ИСТОРИЧЕСКИЕ И БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ**
- **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ**
- **ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА**
- **ВНУТРИВИДОВАЯ ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ВИДОВ**

Разнообразие рыб России

- Пресноводная ихтиофауна России включает около **300 видов**
- Их число варьирует от **28 видов** в р. Колыма до **128** в бассейне р. Амур
- Около **60%** российских пресноводных рыб – промысловые и почти все являются объектами промысла рыболовов-любителей

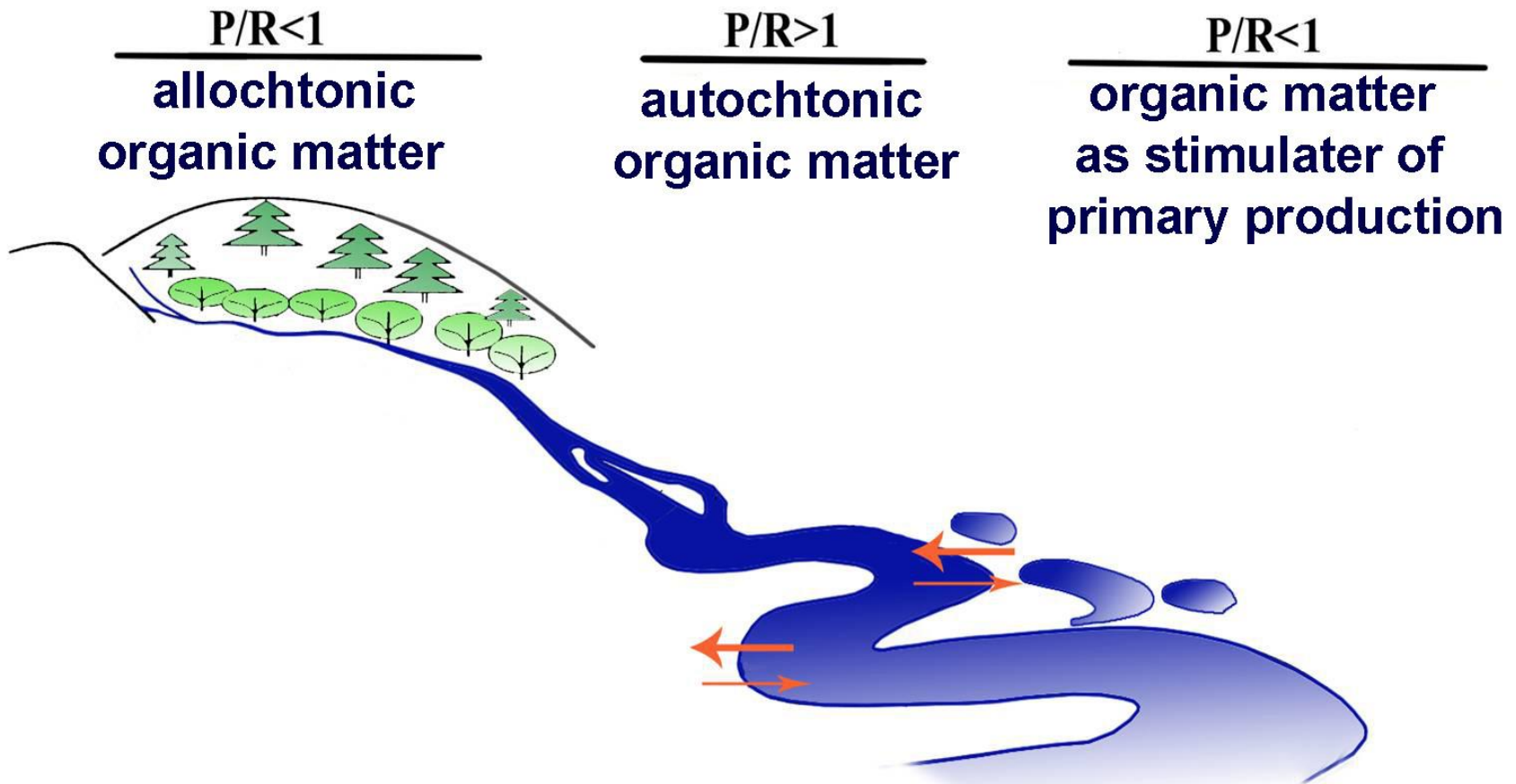


Водоемы России

- В России более **2.5 млн. рек**, включая такие крупные как Обь, Енисей, Лена и Амур
- Общая длина рек более **8 млн. км**
- Длина важных в хозяйственном отношении рек оценивается в **615 тыс. км, включая 200 тыс. км**, которые используются рыбами для нереста и нагула молоди
- Россия имеет также более **3 млн. озер**, площадью более **350 тыс. кв. км** (исключая Каспийское море), **5** из них являются одними из крупнейших в мире (**4,0-31,5 кв. км**)
- Большинство российских пресноводных водоемов расположено в труднодоступных местах и поэтому только **40%** из них охвачено промыслом

ФОРМИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕКАХ

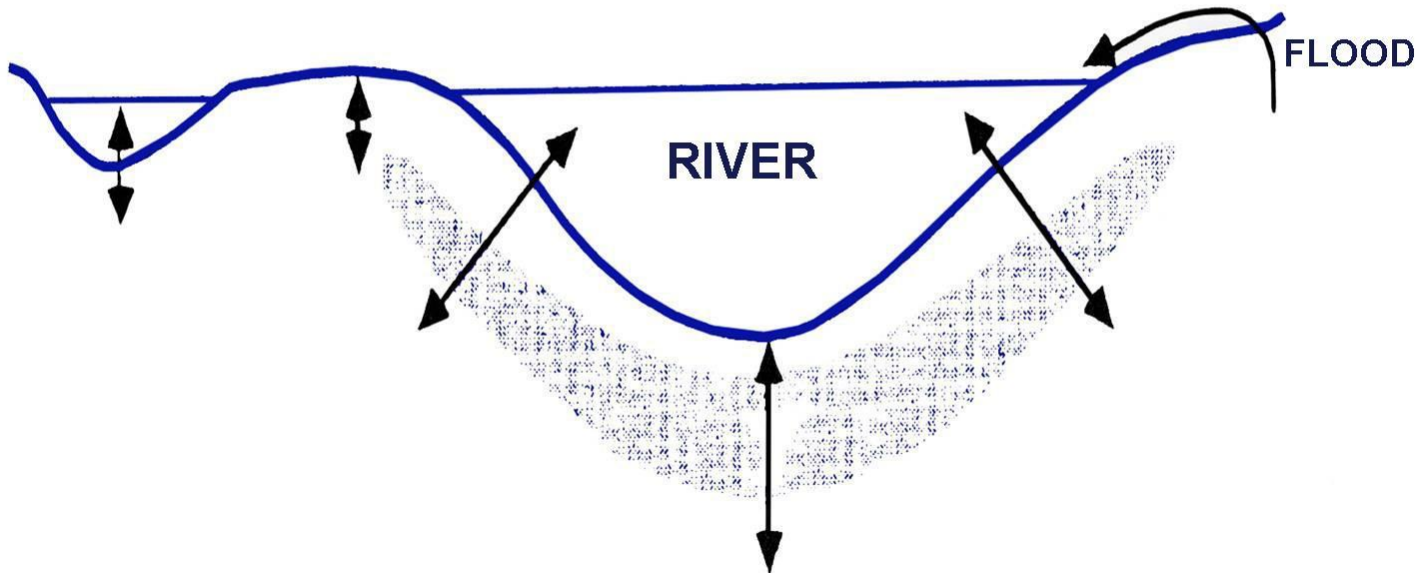
ECOTONES



ГРАНИЦЫ ЭКОСИСТЕМ

ECOTONES

VERTICAL MEASUREMENT



Рабочее определение экотонов

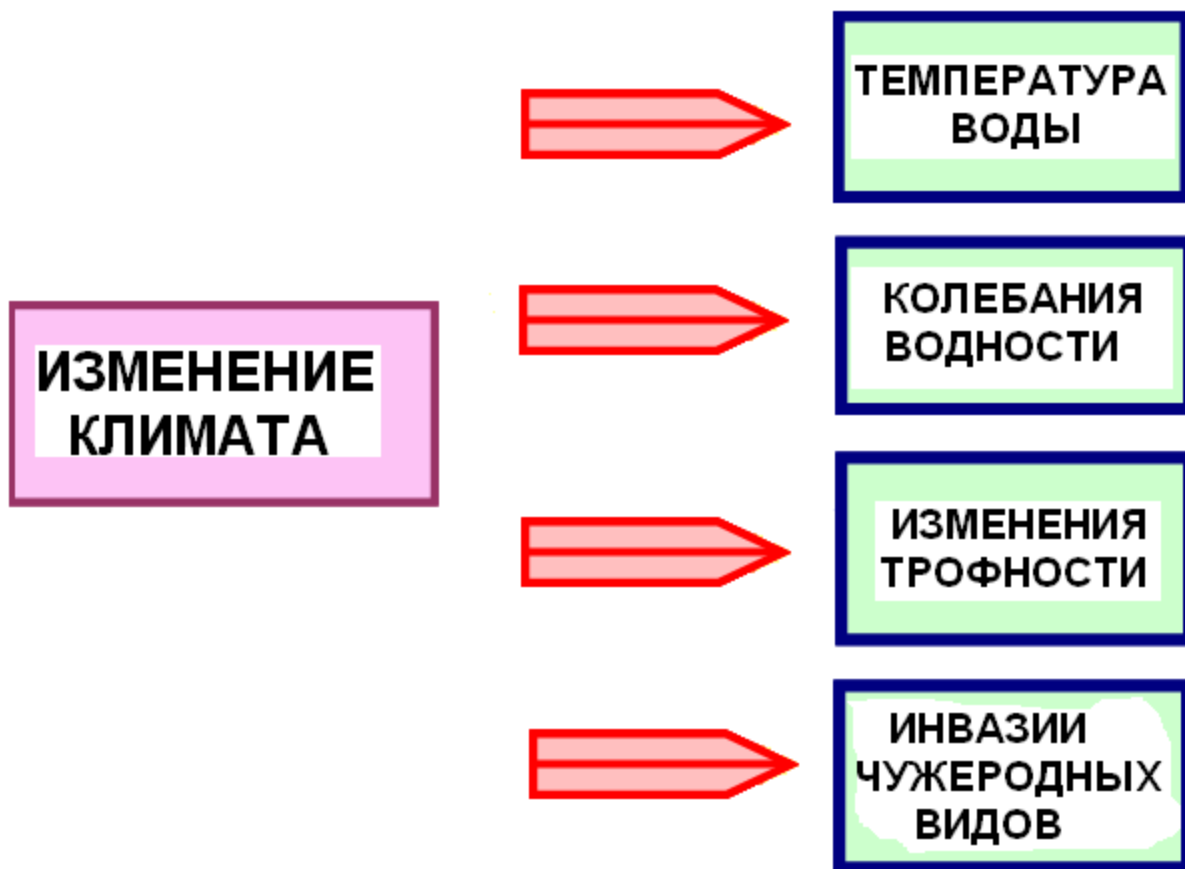
- **Экотоны это транзитные зоны между смежными экосистемами, имеющие набор характеристик уникально определенных пространственным и временным масштабами и силой взаимодействий смежных экосистем**

Концепция экотонов вода-суша

включает:

- Водные системы – набор пятен ресурса, разделенных экотонами
- Необходимо иметь в виду латеральные связи (например, обмены река-лес) а не только продольные связи (например, верховья-низовья) или вертикальные связи (например, эпилимнион-гиполимнион)

ПРИРОДНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ



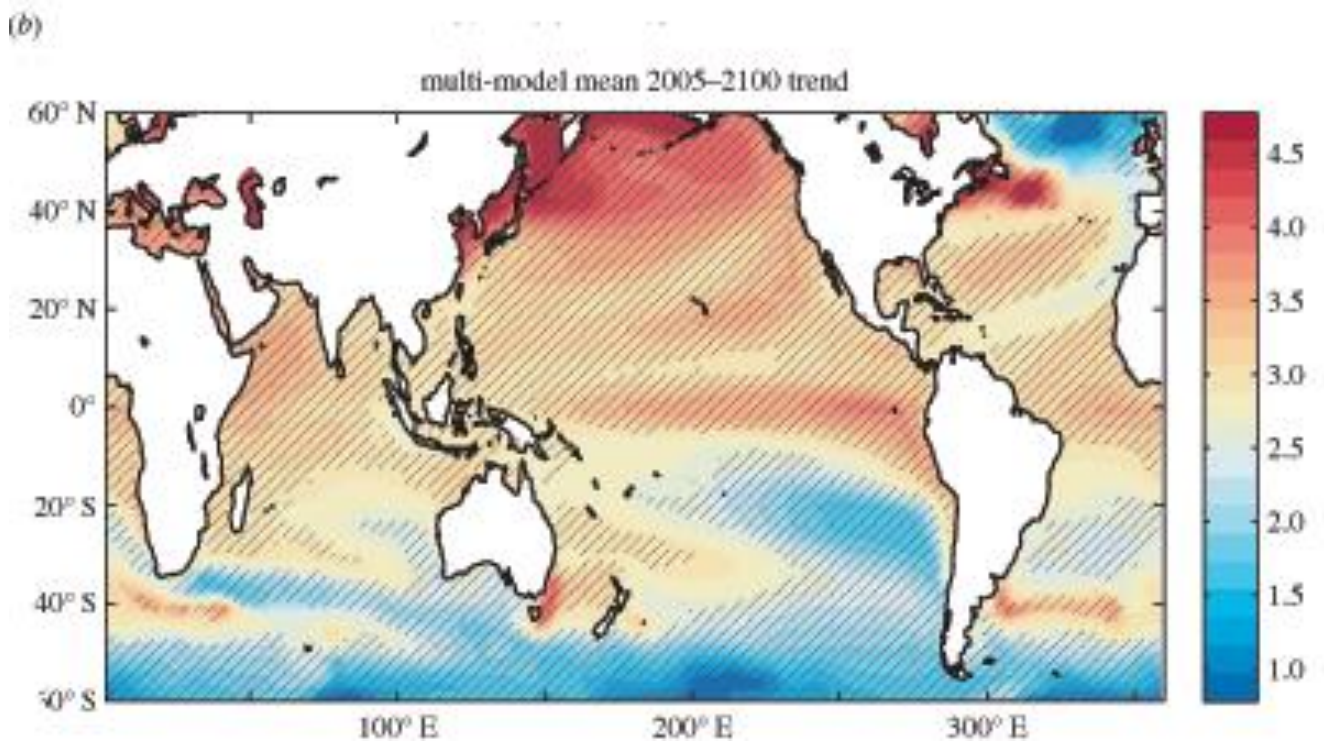
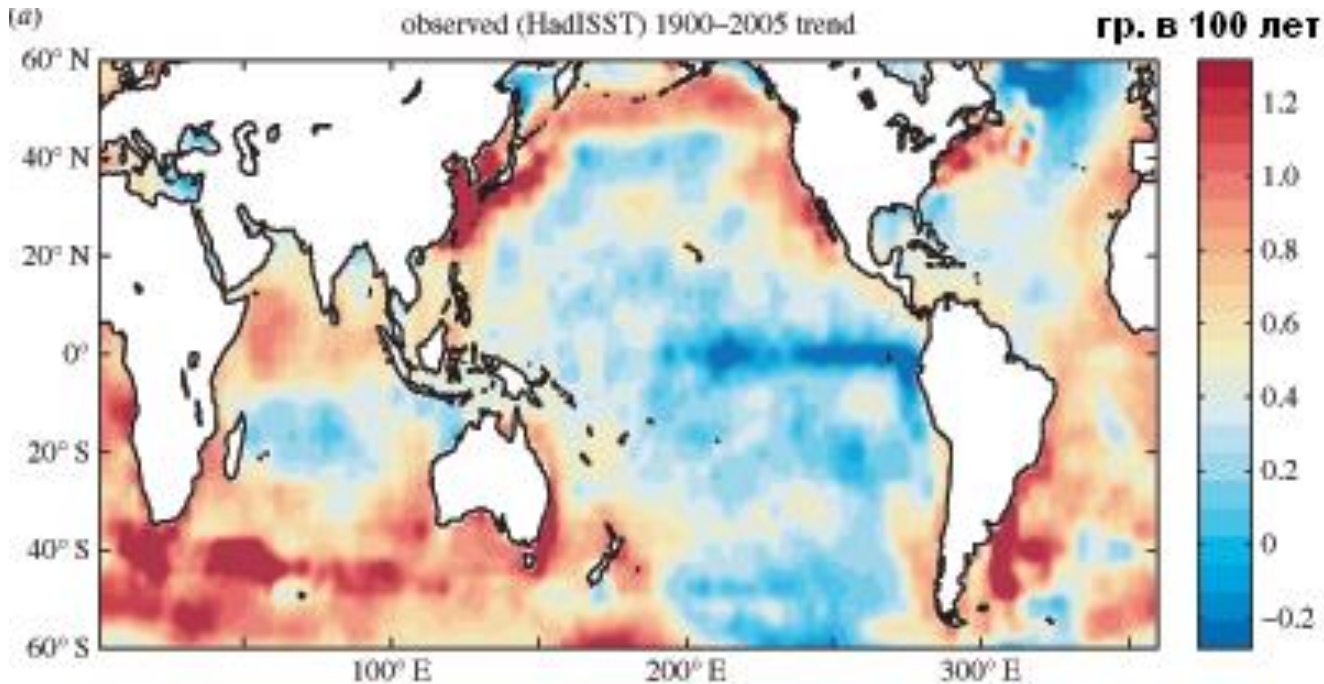
АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- **Регулирования стока (плотины, водозабор)**
- **Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение**
- **Эвтрофирование**
- **Вылов биологических ресурсов**
- **Преднамеренная интродукция чужеродных видов**

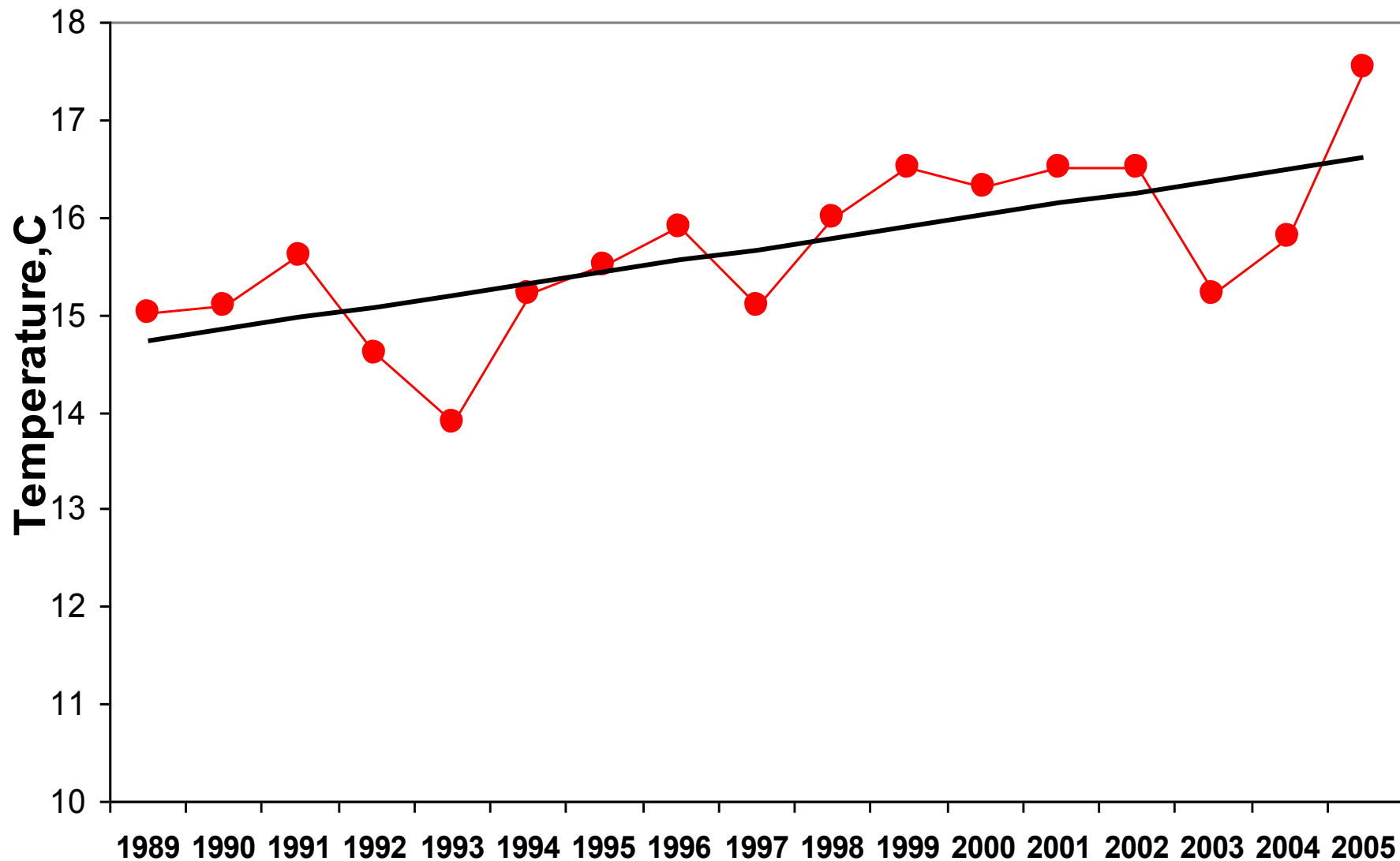
ПРИРОДНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

**2-ая НАУЧНАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РЫБНОМУ
ХОЗЯЙСТВУ И ЭКОЛОГИИ 19–25 АПРЕЛЯ 2015, ЗВЕНИГОРОД**

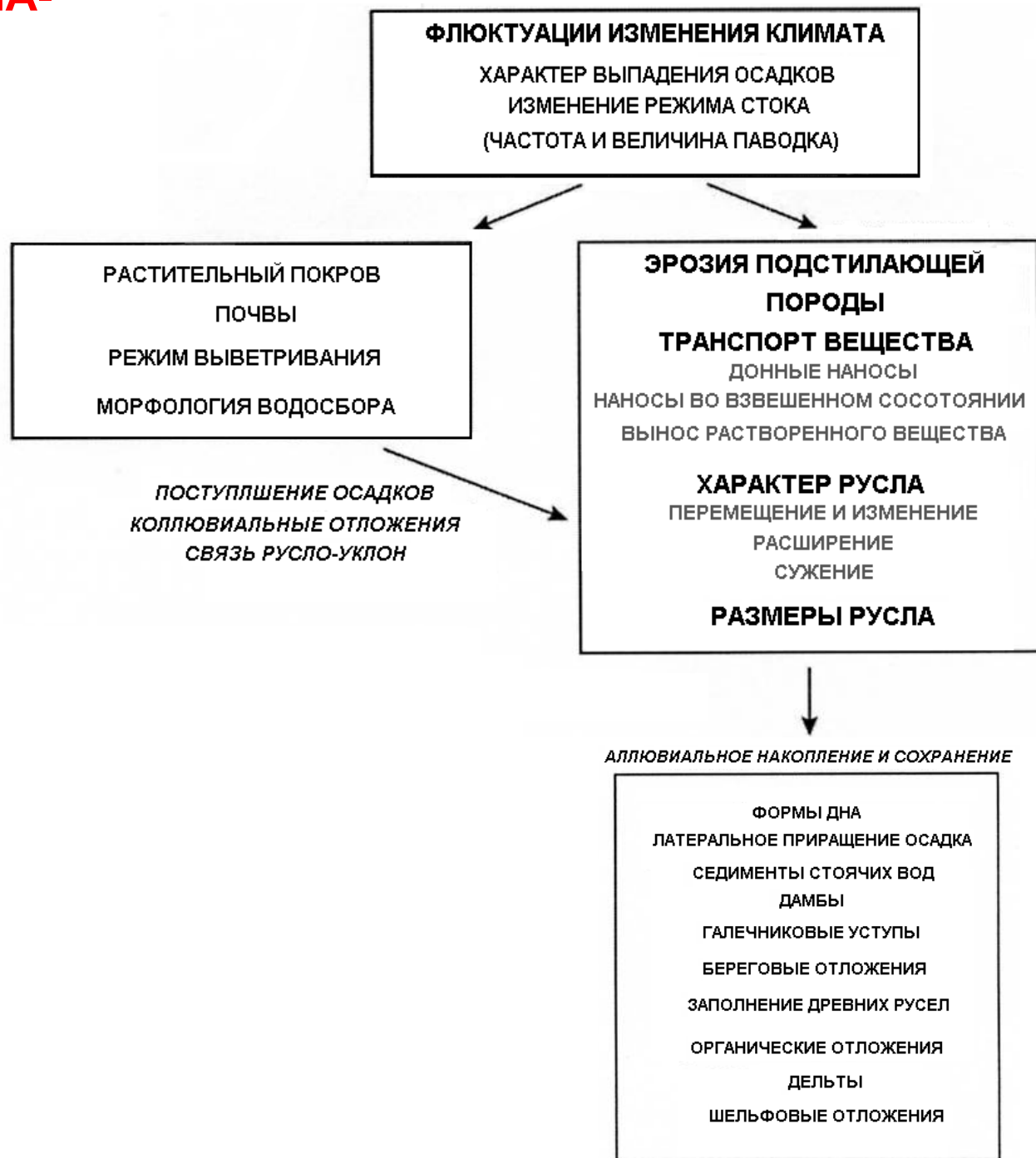
**Изменения
температуры
поверхности
океана
в 1900-2005 гг. (а)
и в
2005-2100 гг. (б) –
моделирование
(Verges et al, 2014)**



Динамика температуры воды в поверхностном слое Черного моря



РЕАКЦИЯ РЕК НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ (по Macklin et al., 2012)



Гидрология и первичная продукция фитопланктона (Р) в Горьковском водохранилище (Стройнов, Копылов, 2012)

Параметры	2001	2010
Глубина, м	11.1 (6.8-15.0)	11.8 (8.0-16.0)
Температура ° С	20.8 (19.7-21.9)	29.2 (27.0-33.0)
Прозрачность, м	134 (100-160)	82 (60-120)
Р, мг С/(м ³ хдн.)	567 (519-721)	1694 (850-2295)

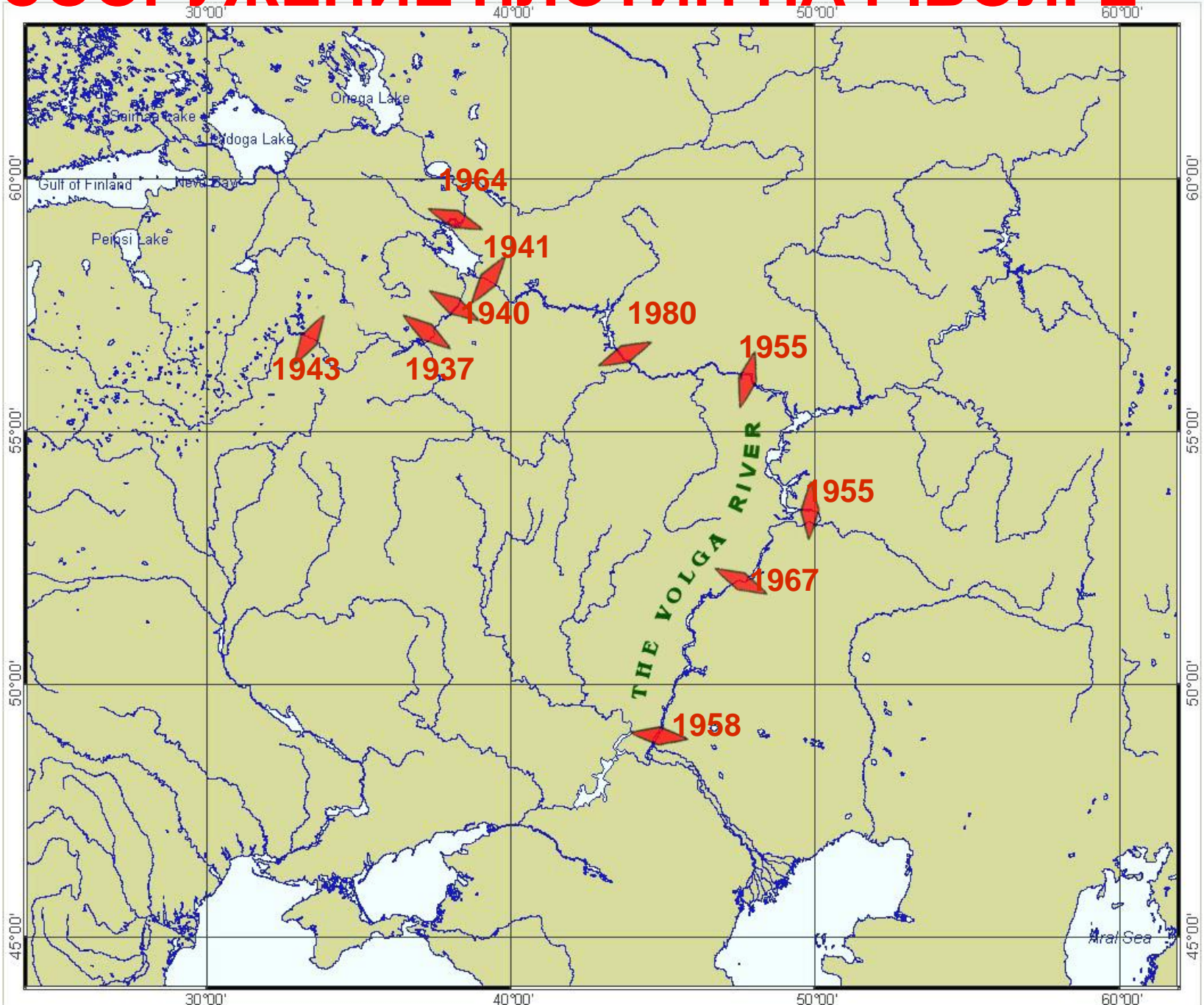
АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- **Регулирования стока (плотины, водозабор)**
- **Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение**
- **Эвтрофирование**
- **Вылов биологических ресурсов**
- **Преднамеренная интродукция чужеродных видов**

АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- **Регулирования стока (плотины, водозабор)**
- **Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение**
- **Эвтрофирование**
- **Вылов биологических ресурсов**
- **Преднамеренная интродукция чужеродных видов**

СООРУЖЕНИЕ ПЛОТИН НА Р.ВОЛГЕ



ЧТО ДАЛО СОЗДАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

- Появление новых местообитаний (литорали и пелагиали) и экотонов (устьевых участков притоков)
- После формирования водохранилищ многие виды рыб получили дополнительные площади для нерестилищ и местообитаний для молоди
- В водохранилищах развиваются (часто довольно быстро) процессы внутривидового формообразования
- Водохранилища, хотя и являются результатом деятельности человека, обладают многими свойствами естественных водоемов. В связи с этим, учитывая сроки их формирования, у исследователей появляется уникальная возможность проследить развитие экосистем озерного типа за сравнительно короткое время

ДРУГИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

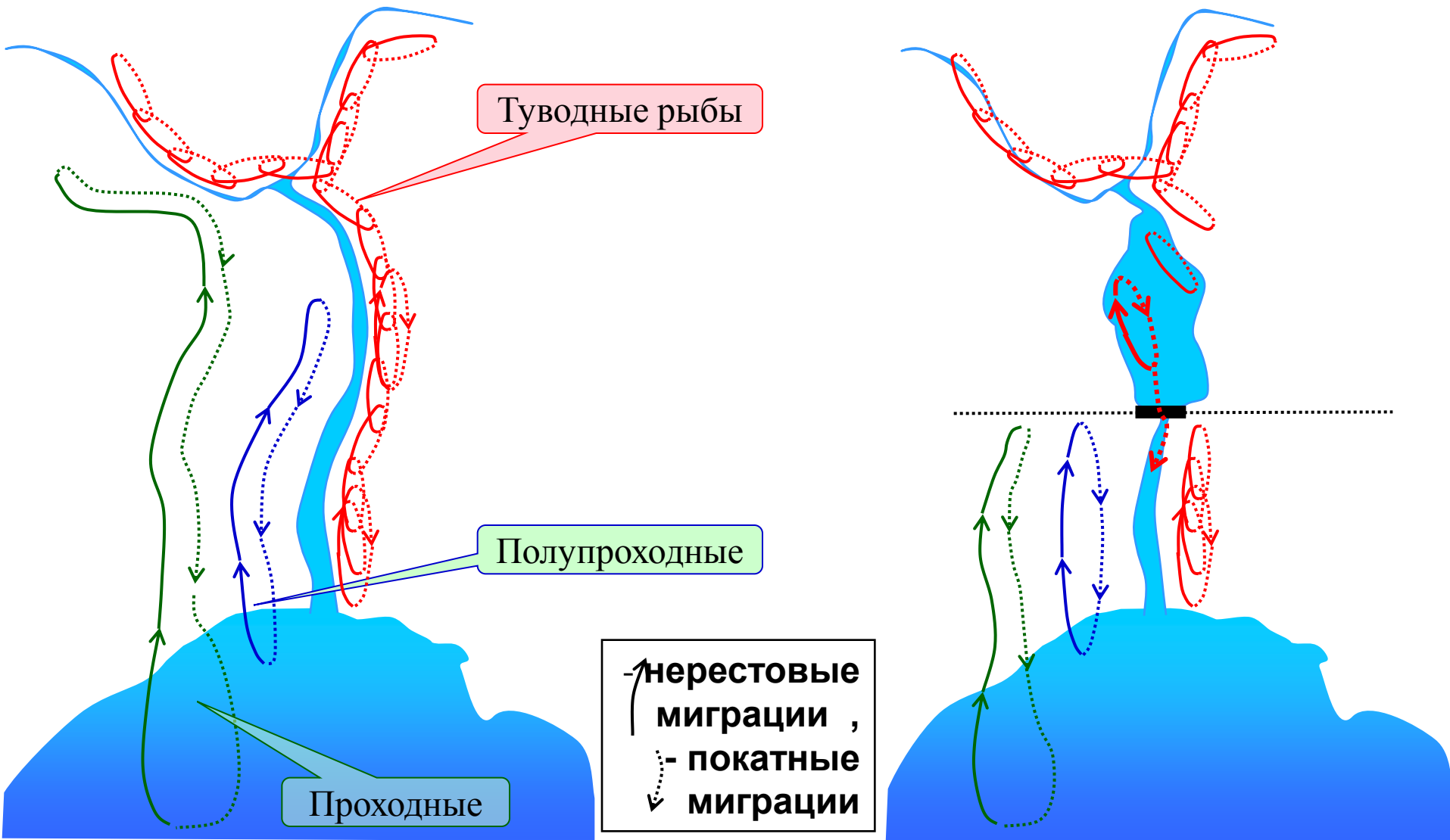
- Сочетание новых абиотических факторов и исходная речная фауна и флора часто создают некоторые ограничения в формировании морфоэкологических комплексов, сообществ и экосистем водохранилищ
- Строительство водохранилищ нарушают естественные миграционные пути рыб, а колебания их уровня приводят к высокому уровню изменчивости эффективности воспроизводства гидробионтов
- Водоохранилища как молодые неустойчивые экосистемы обладают повышенной уязвимостью к инвазиям чужеродных видов

МИГРАЦИОННЫЕ КОЛЬЦА РЫБ

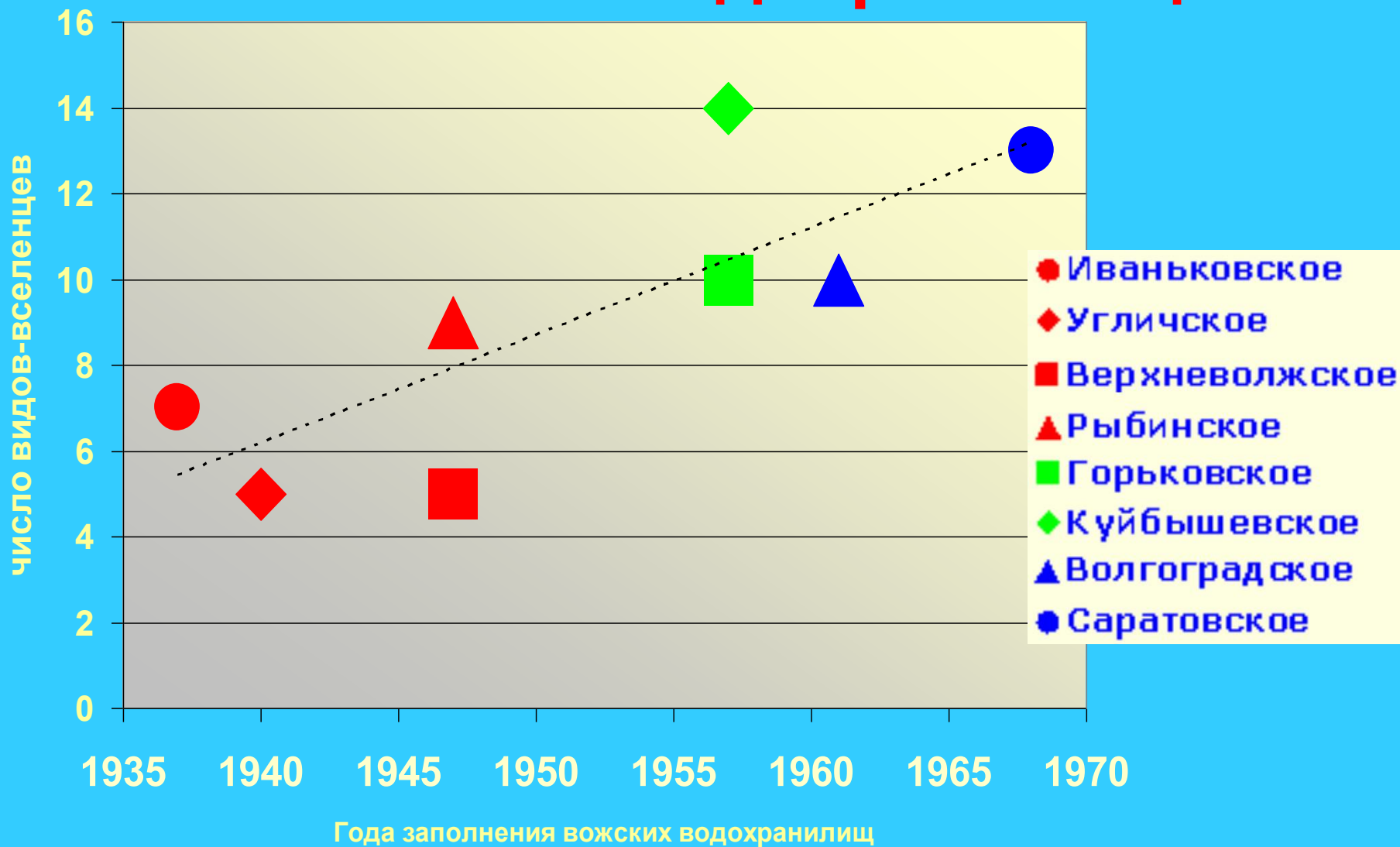
(по Павлов и др. 2002)

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ВОДОТОК

ПОСЛЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ
СТОКА



Зависимость числа видов рыб-вселенцев от времени заполнения Волжских водохранилищ



АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- Регулирования стока (плотины, водозабор)
- Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение
- Эвтрофирование
- Вылов биологических ресурсов
- Преднамеренная интродукция чужеродных видов

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

- В водоемы Российской Федерации ежегодно сбрасывается **52,1 куб. километра** сточных вод, из которых около **20 куб. километров** вод подлежат очистке.
- Более **70%** сточных вод, подлежащих очистке (**13,7 куб. километра**), сбрасываются недостаточно очищенными, почти **20 %** (**3,7 куб. километра**) - загрязненными без очистки, и только **10 %** (**1,9 куб. километра**) - очищенными до установленных нормативов.

АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- Регулирование стока (плотины, водозабор)
- Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение
- **Эвтрофирование**
- Преднамеренная интродукция чужеродных видов
- Вылов биологических ресурсов

Первичная продукция фитопланктона (мг/м² x день) в Рыбинском водохранилище (по Копылов, Косолапов, 2011)

1977	1988	1993	1995
245±27	732±105	718±92	614±89

Продукция зоопланктона Рыбинском водохранилище, (г/м³ x 180 дней) (Лазарева, Соколова, 2012)

годы	Р мирный	Р хищный
1956-1969	12.0±2.6	1.6±0.4
1970-1980	10.9±1.4	1.9±0.3
1981-1990	37.6±5.5	4.2±0.5
1991-1995	24.7±1.9	2.5±0.1
2004-2010	16.9±1.2	3.9±0.5

АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- **Регулирования стока (плотины, водозабор)**
- **Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение**
- **Эвтрофирование**
- **Преднамеренная и случайная интродукция чужеродных видов (БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ)**
- **Вылов биологических ресурсов**

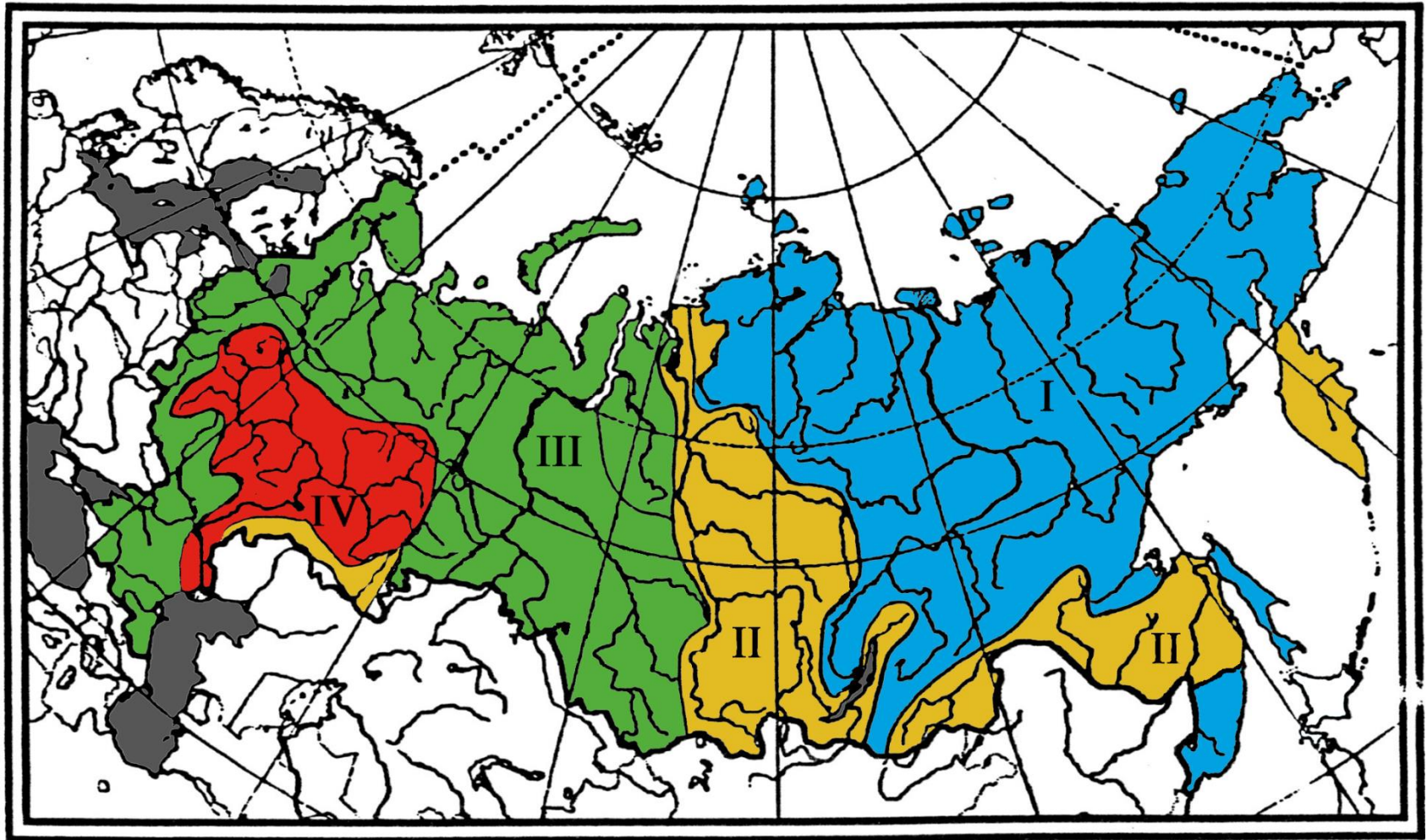
ТЕРМИН «БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНВАЗИЯ» ПОНИМАЕТСЯ КАК СОЗДАНИЕ САМОВОСПРОИЗВОДЯЩЕЙСЯ ПОПУЛЯЦИИ ВИДОМ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО АРЕАЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ:

-
- **Естественных перемещений, связанных с флюктуациями численности и климатическими изменениями**
- **Преднамеренной интродукции или реинтродукции ценных в хозяйственном отношении («полезных») организмов (растений, насекомых, рыб, птиц, млекопитающих)**
- **Случайной интродукции с судовыми балластными водами, импортной сельскохозяйственной продукцией, «полезными» вселенцами, багажом, с аквариумными и пищевыми организмами, с наживкой для ловли рыб и т.д.**

Вселилось на территорию Европы

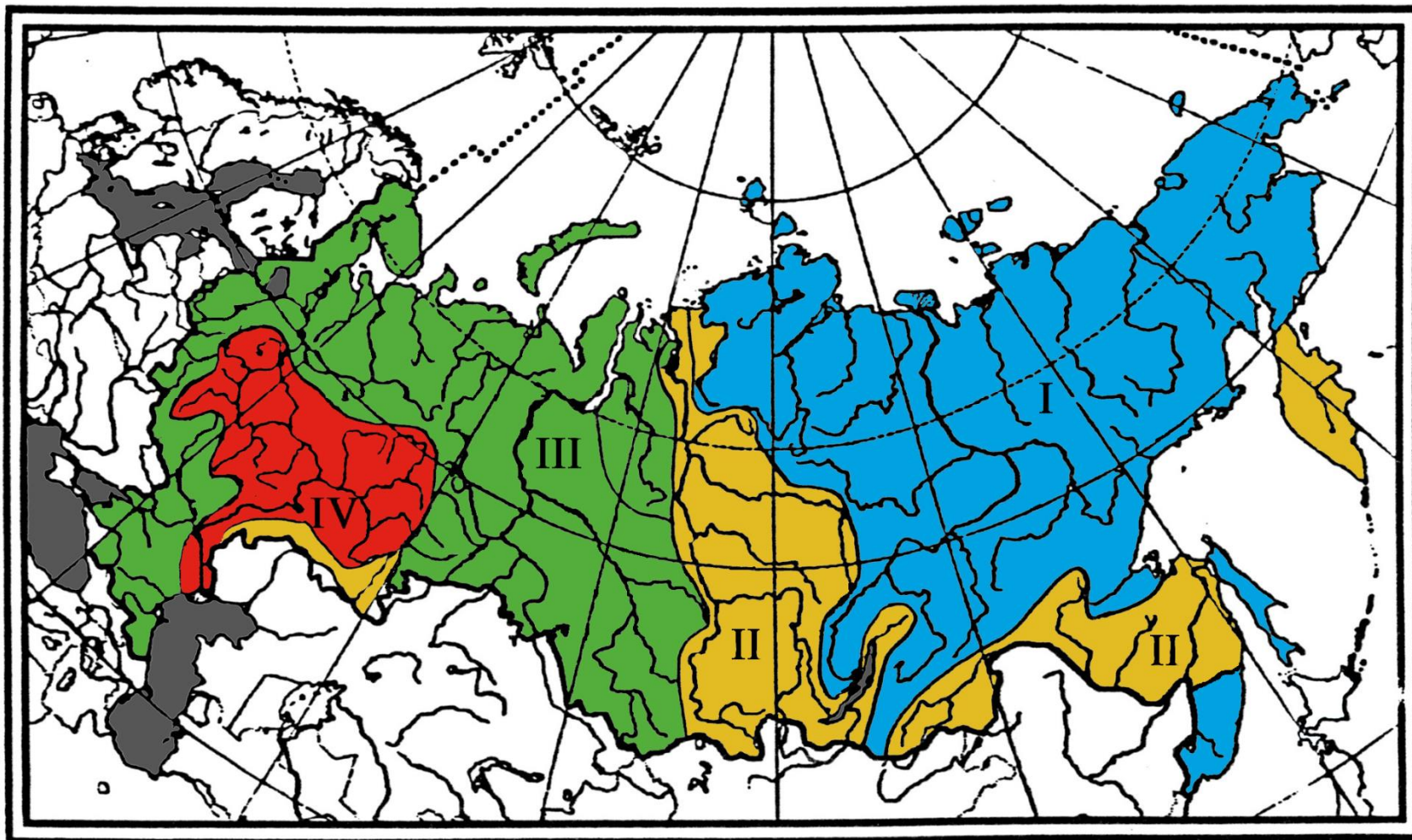
- Грибы – 84 вида
- Мхи и лишайники – 58 видов
- Сосудистые растения – 3749 видов
- Наземные беспозвоночные животные – 1522 вида (из них насекомые – 1306 видов)
- Пресноводные беспозвоночные животные – 357 видов
- Рыбы – 75 видов
- Амфибии – 35 видов
- Рептилии – 72 вида
- Птицы – 193 вида
- Млекопитающие – 88 видов

Распределение чужеродных видов рыб по бассейнам рек России (% к общему числу видов, 2003 г.)



I – до 1,0%; II – до 2,3%; III – до 6,2%; IV – > 20%

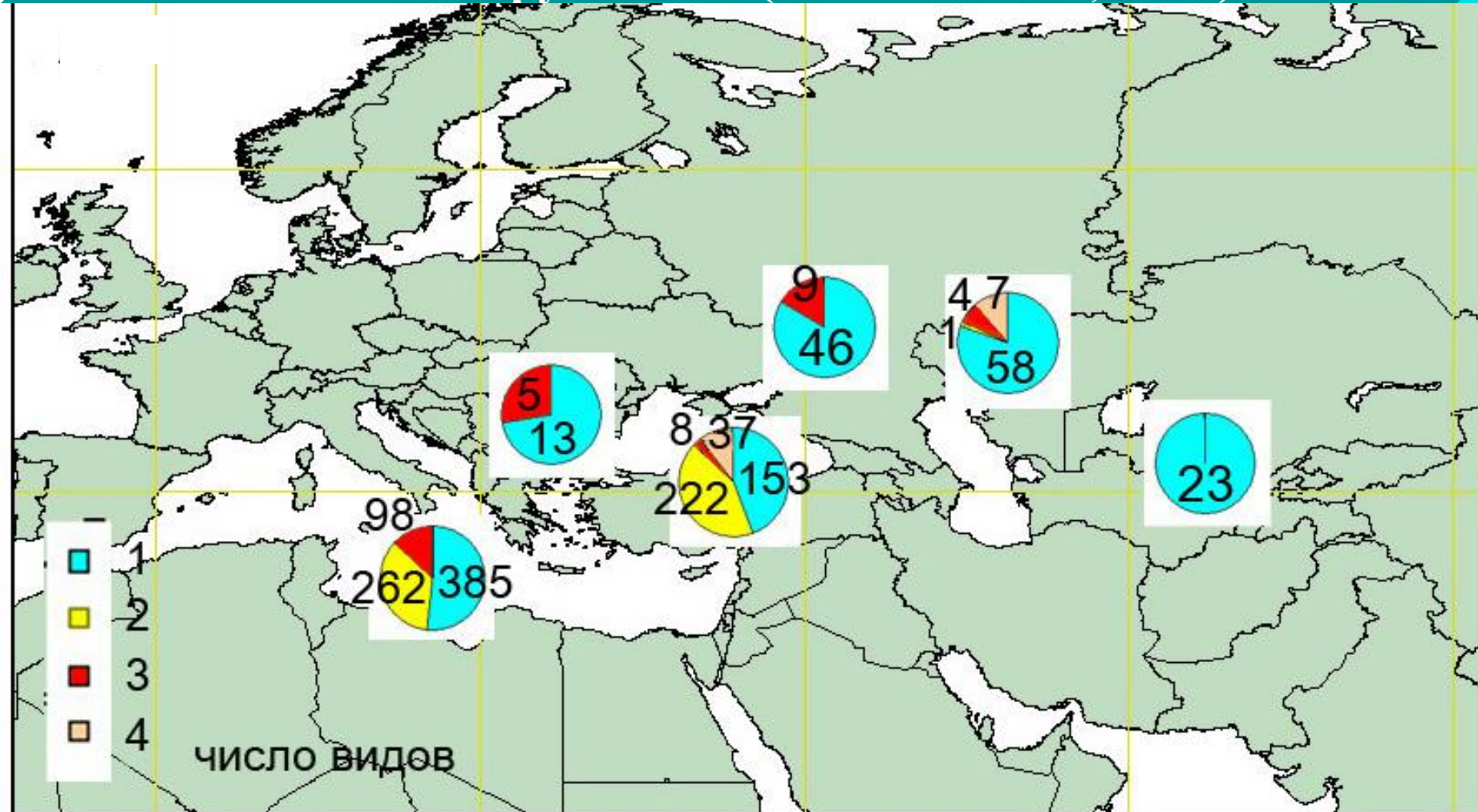
Распределение чужеродных видов рыб по бассейнам рек России (% к общему числу видов, 2013 г.)



I – до 5%; II – до 15-20%; III – до 20-30%; IV – > 30%

Общее число чужеродных видов в морях Евразии:

1 – натурализовавшиеся; 2 – единичные; 3 – сомнительные; 4 – недавно обнаруженные (по Шиганвой, 2009)



АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОЕМЫ

- **Регулирования стока (плотины, водозабор)**
- **Химическое, радиоактивное и тепловое загрязнение**
- **Эвтрофирование**
- **Преднамеренная и случайная интродукция чужеродных видов**
- **Вылов биологических ресурсов**

РЫБНЫЙ ПРОМЫСЕЛ В СССР И РОССИИ

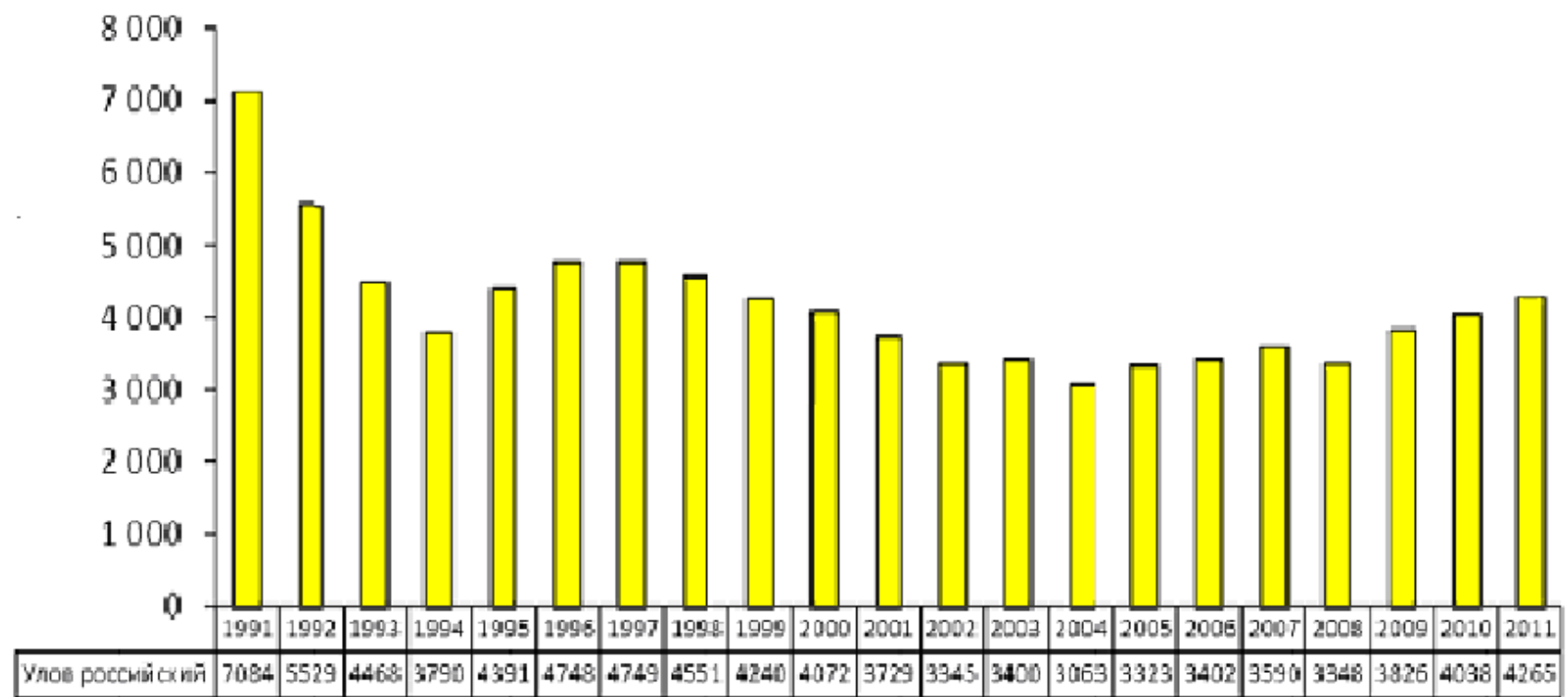
- СССР был одним из мировых лидеров по вылову рыбы с общим годовым уловом в **11,5 млн. тонн**
- Рыбный промысел после 1991 г. пережил два крупных периода падения уловов
- Первый (1991-1994 гг.) был связан с экономическими проблемами и распадом СССР.
- Второй (1997-2004 гг.) был обусловлен снижением запасов и несовершенным законодательством в области рыболовства.
- В результате ежегодное потребление рыбной продукции на душу населения в стране упало с **22-24 кг** (уровни близкие к медицинской норме) до **13,2 кг**
- В последнее время благодаря улучшению законодательства и управления общие уловы РФ немного возросли. Так, годовой улов увеличился с **3,1** (2004 г.) до **4,3** млн. т. (2012 г.)
- Во многих регионах рыба является основным ресурсом питания из-за локальных экономических проблем

РЫБНЫЙ ПРОМЫСЕЛ В СССР И РОССИИ (продолжение)

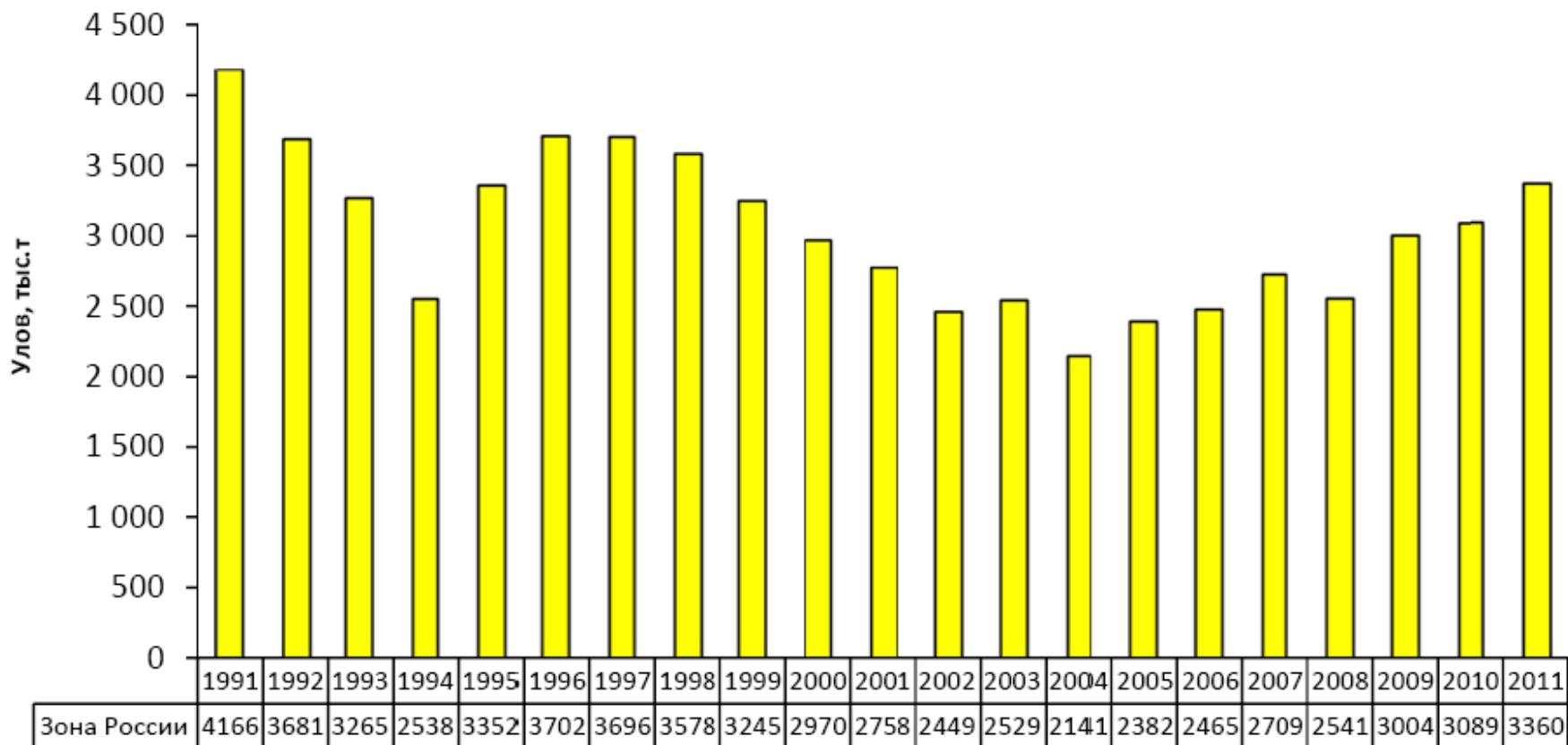
- В последние 20 лет существенно изменился состав уловов. Сильно снизились запасы ценных объектов промысла, таких как все виды осетровых, ряда видов лососевых и сиговых, а также, судака, леща, сома, налима, щуки.
- Одна из главных проблем падения рыбных запасов является перелов, что связано с *нелегальным, неучтенным и нерегулируемым* промыслом (ННН-промысел).
- низкий уровень развития искусственного воспроизводства объектов промысла (экстенсивное рыбоводство) и прудового и садкового выращивания (товарное рыбоводство, аквакультура);
- снижение уровня рыбохозяйственных исследований

Динамика годового вылова водных биоресурсов Россией в 1991-2011 гг. (по Глубоковский и др., 2012)

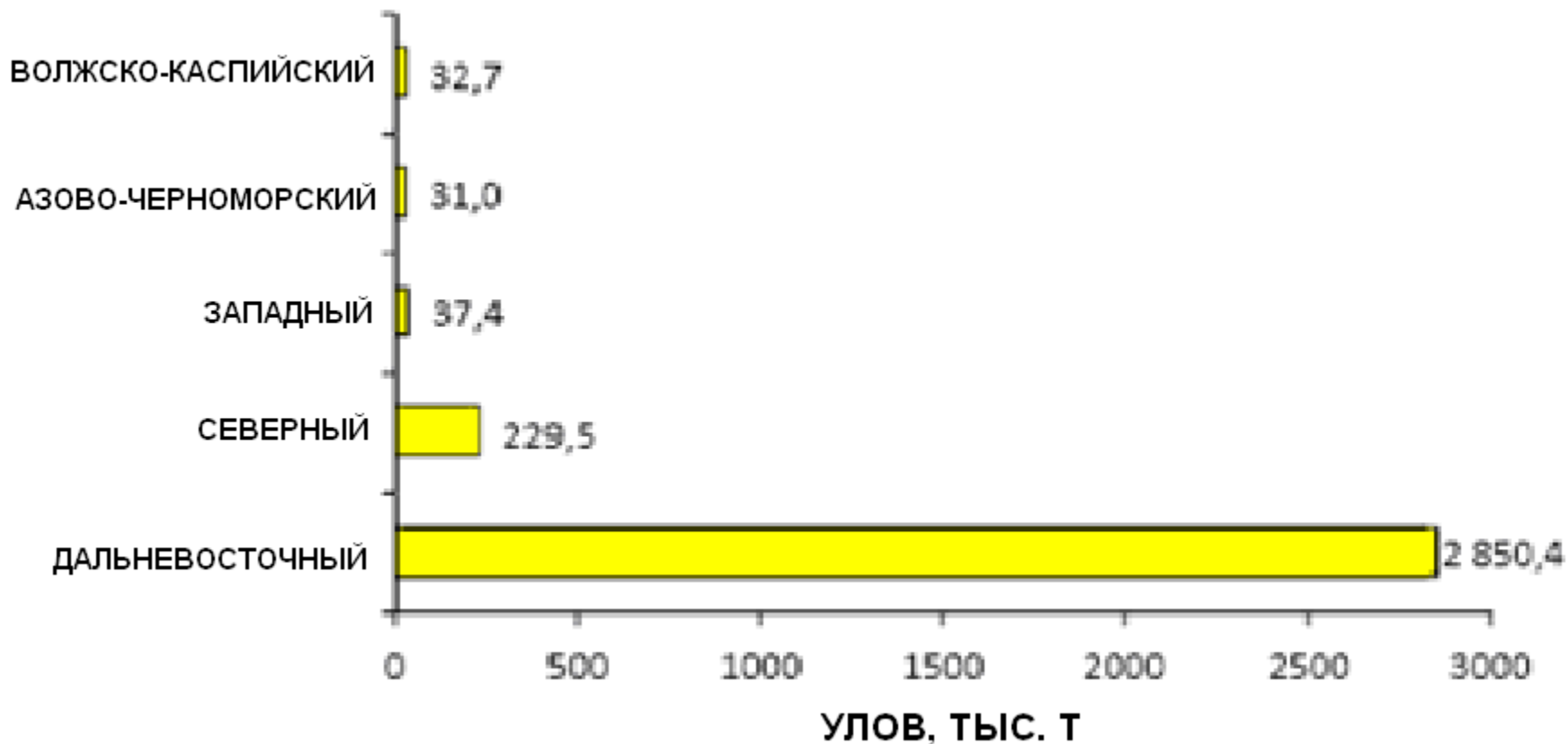
УЛОВ, ТЫС. Т



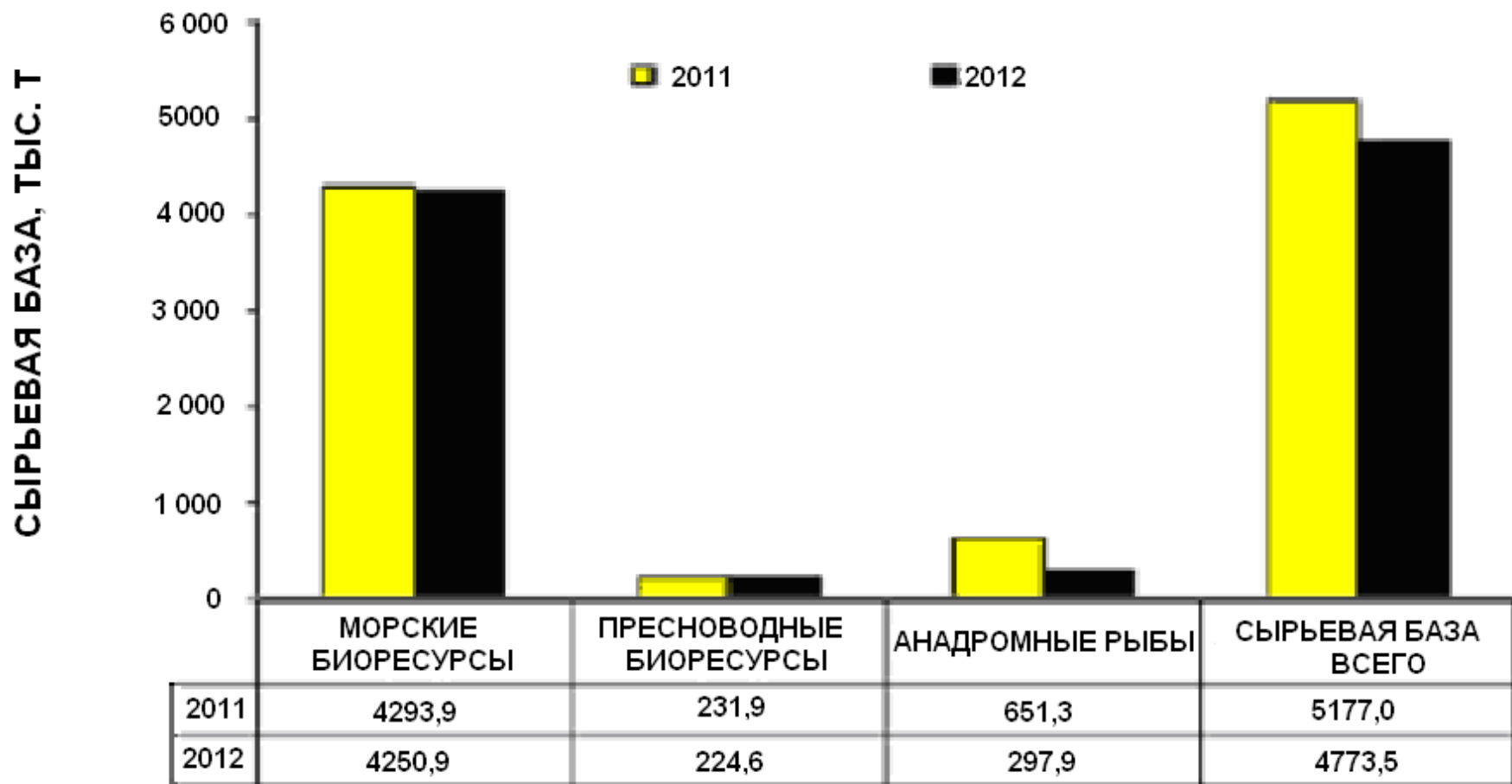
Динамика годового вылова водных биоресурсов Россией в 1991-2011 гг. в исключительной экономической зоне и внутренних водоемах РФ (по Глубоковский и др., 2012)



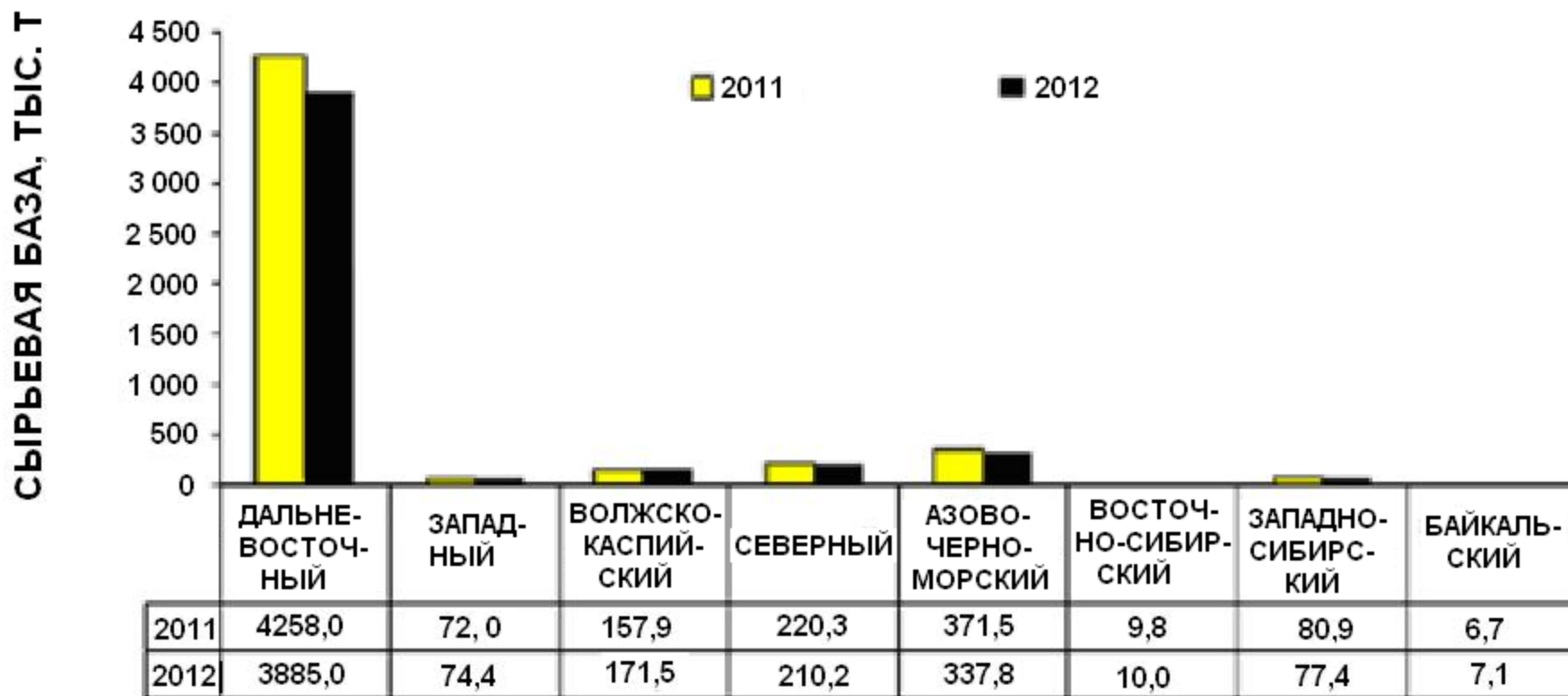
Годовой улов водных биоресурсов Россией в 2011 г. в исключительной экономической зоне и внутренних водоемах РФ по рыбохозяйственным бассейнам (по Глубоковский и др., 2012)



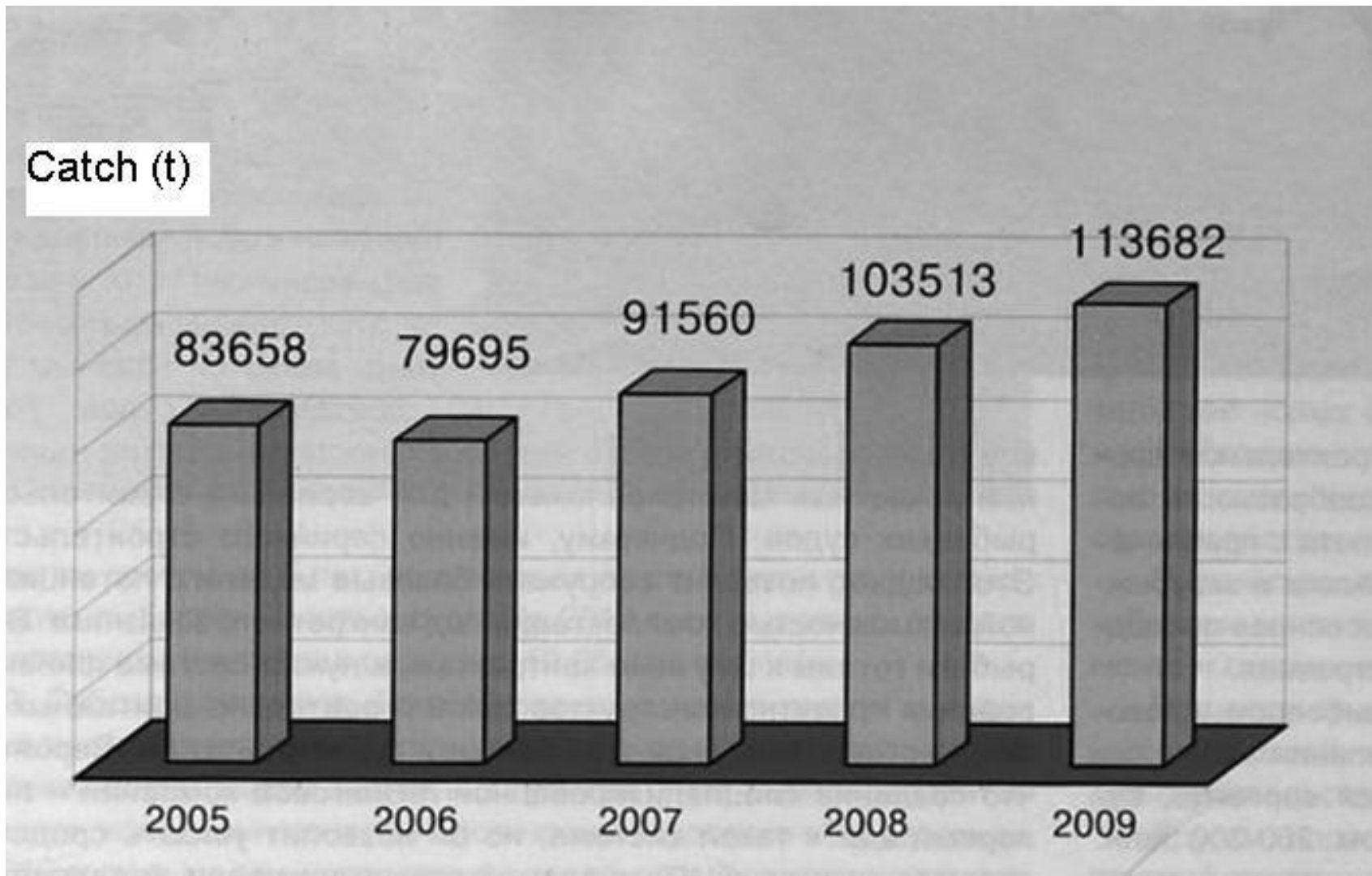
Структура сырьевой базы отечественного рыболовства в районах российской юрисдикции в 2011-2012 гг. (по Глубоковский и др., 2012)



Сравнение сырьевой базы отечественного рыболовства в районах российской юрисдикции в 2011-2012 гг. по бассейнам (по Глубоковский и др., 2012)

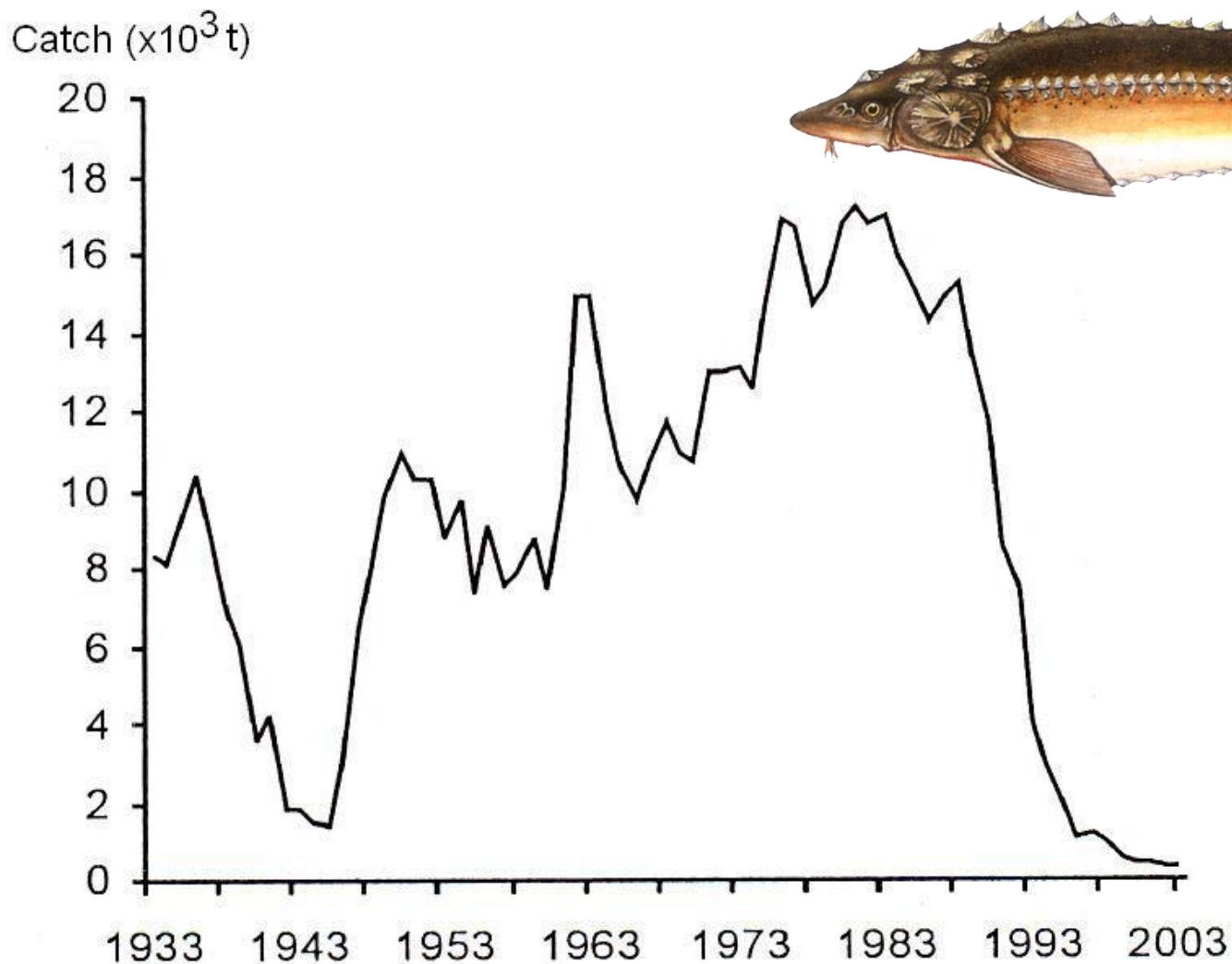


Годовые промысловые уловы пресноводных биологических ресурсов исключая аквакультуру и анадромных рыб в России с 2005 по 2009 г. (по Соколову, 2010).

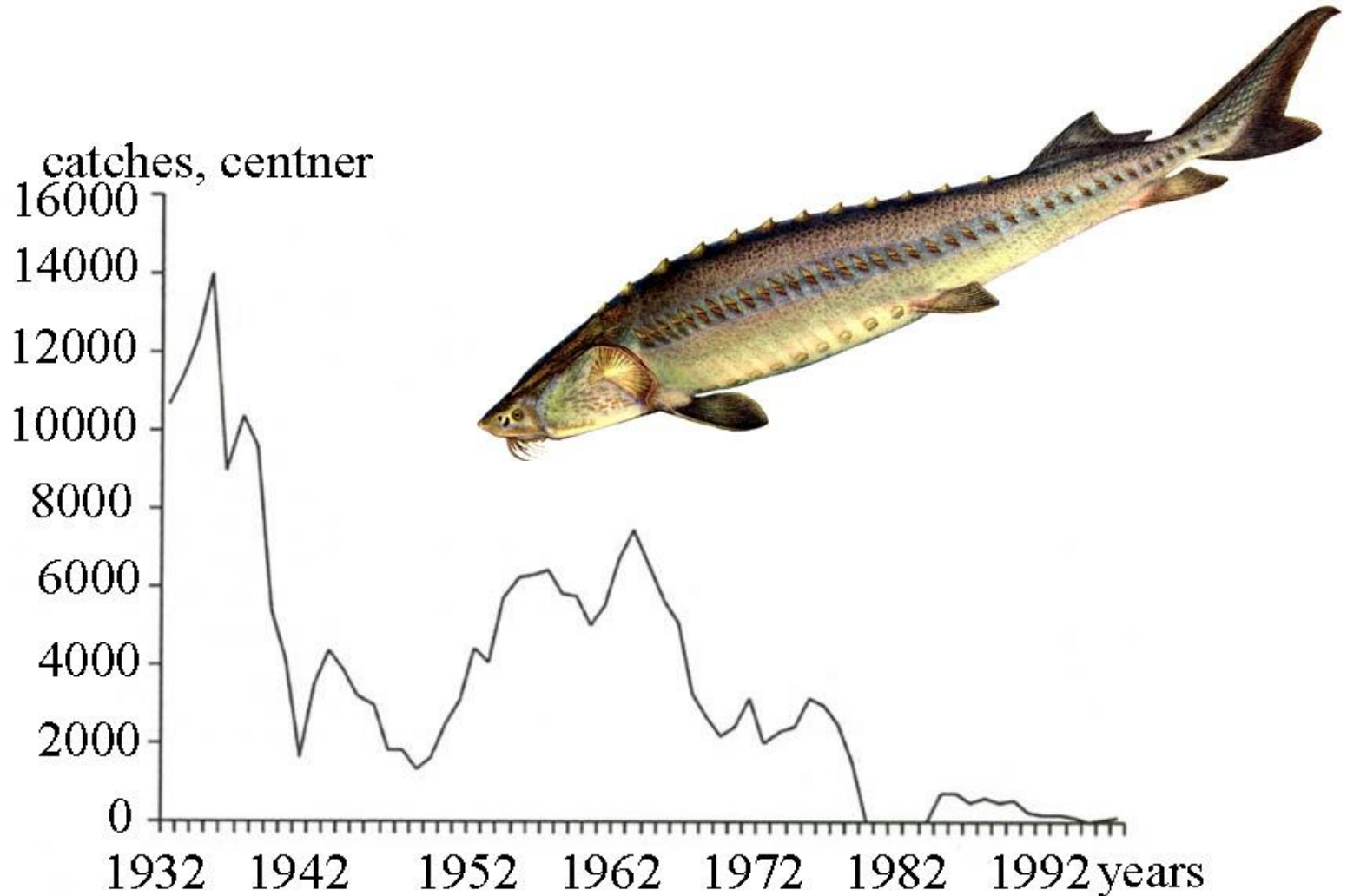


Российские годовые промысловые уловы осетровых в Каспийском бассейне с 1933 по 2003 г.

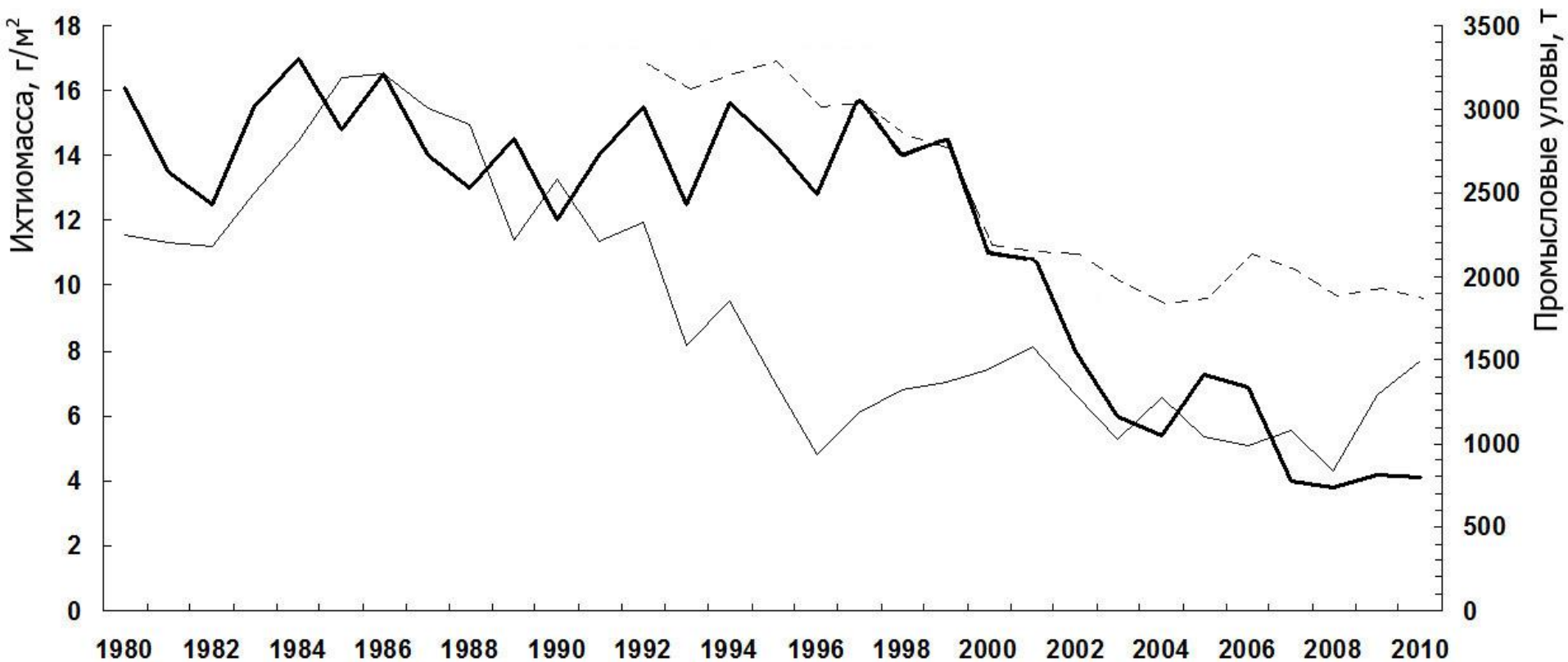
(по Khodorevskaya et al., 2009)



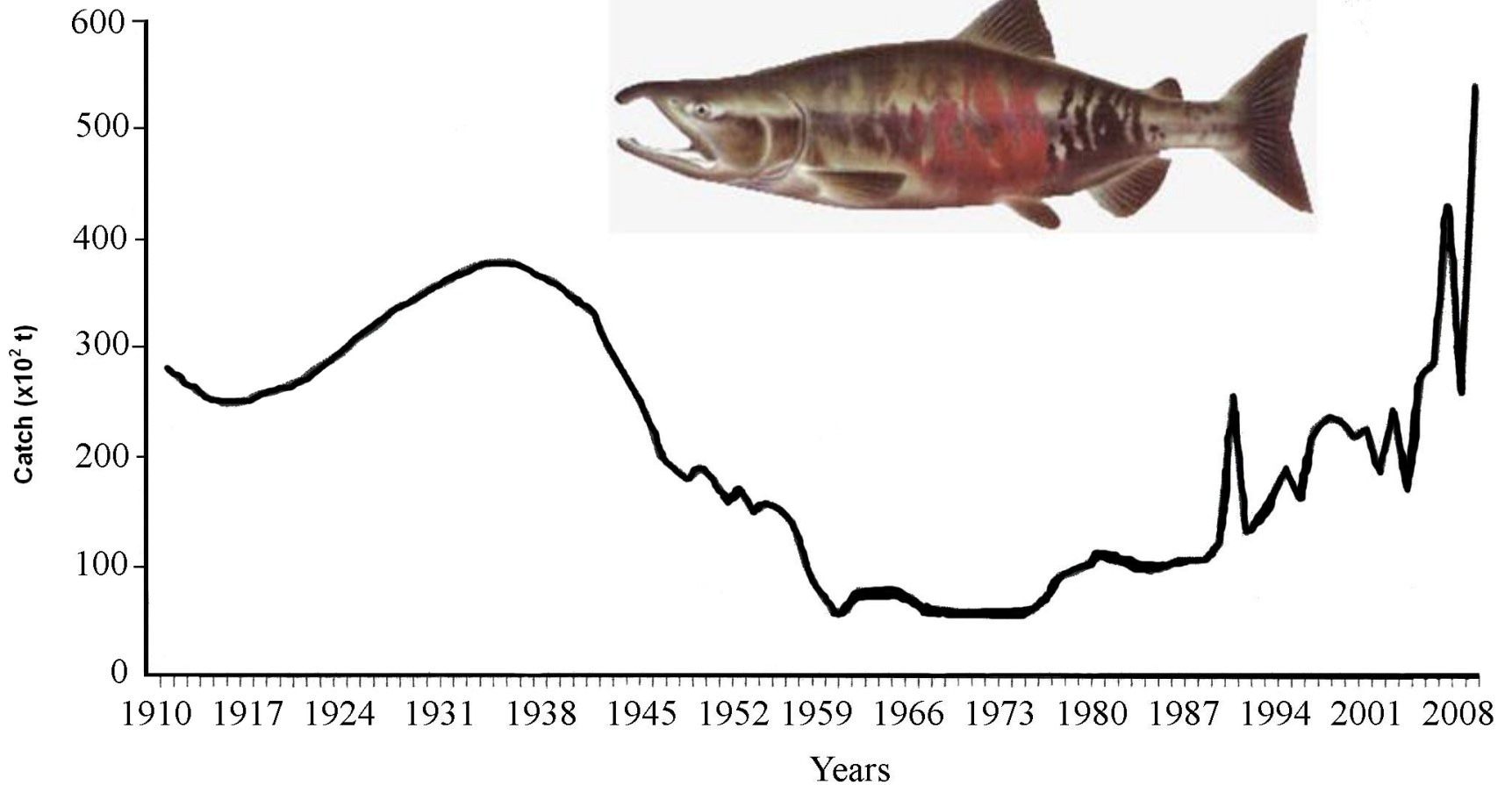
**Динамика промысловых уловов сибирского осетра
Acipenser baerii
с 1932 по 1995 г. (по Ruban, 2006)**



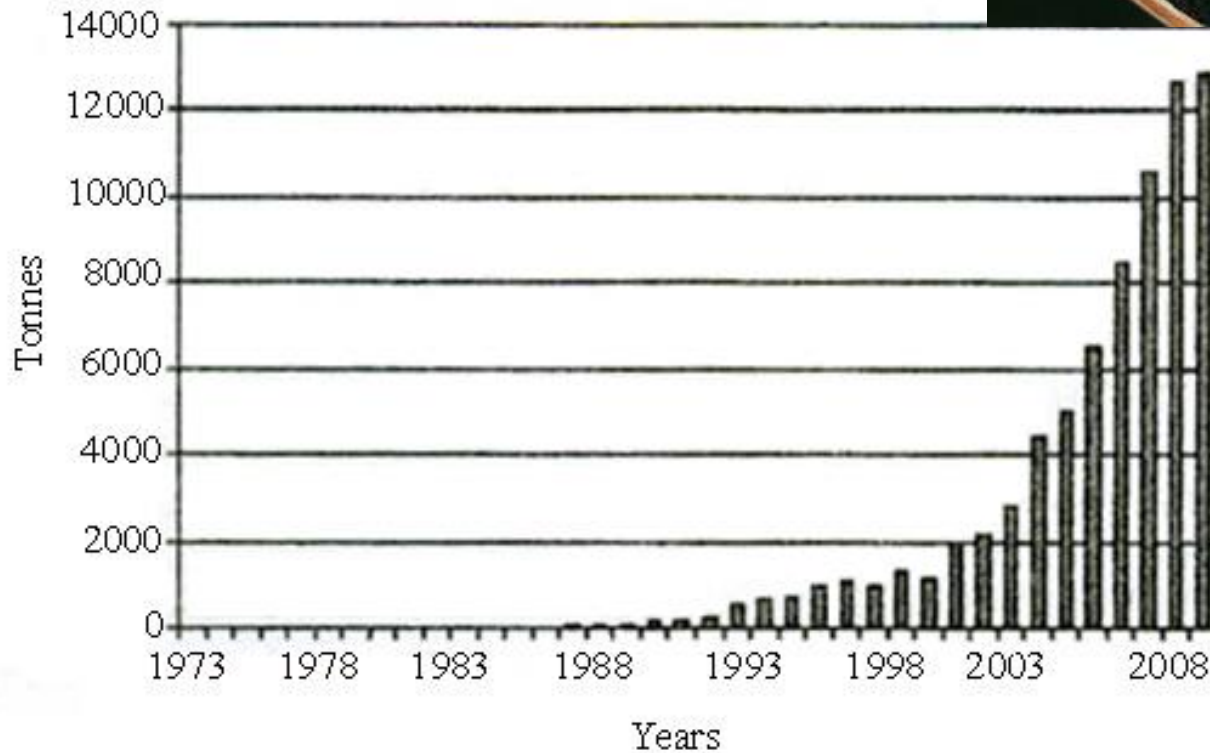
Биомасса рыб Рыбинского водохранилища по данным гидроакустических съемок (-----), официальные промысловые уловы (-----) и фактические промысловые уловы с учетом нелегального изъятия (- - - -) (по Герасимову и др., 2013)



Динамика промысловых уловов тихоокеанских лососей в РФ в 1911-2009 гг., тыс. т (по Гриценко, Кловач, 2010)



Производство радужной форели в садках в озерах Карелии, т (по Ильмаст, 2012)



Водоемы как объект конфликта интересов

АЛЬТЕРНАТИВЫ

- гидроэлектроэнергетика

прибрежные сооружения
и рыбопродуктивность

питьевая вода

рыболовство и рекреация

водоемкое производство
(например,
металлургическое);
охлаждения тепловых и
атомных станций

естественное состояние
популяций гидробионтов
и экосистем

транспорт

чистота вод, сохранение
естественного
биоразнообразия

- **КАСКАДНЫЙ ЭФФЕКТ
(БИОМАНИПУЛЯЦИЯ) –**

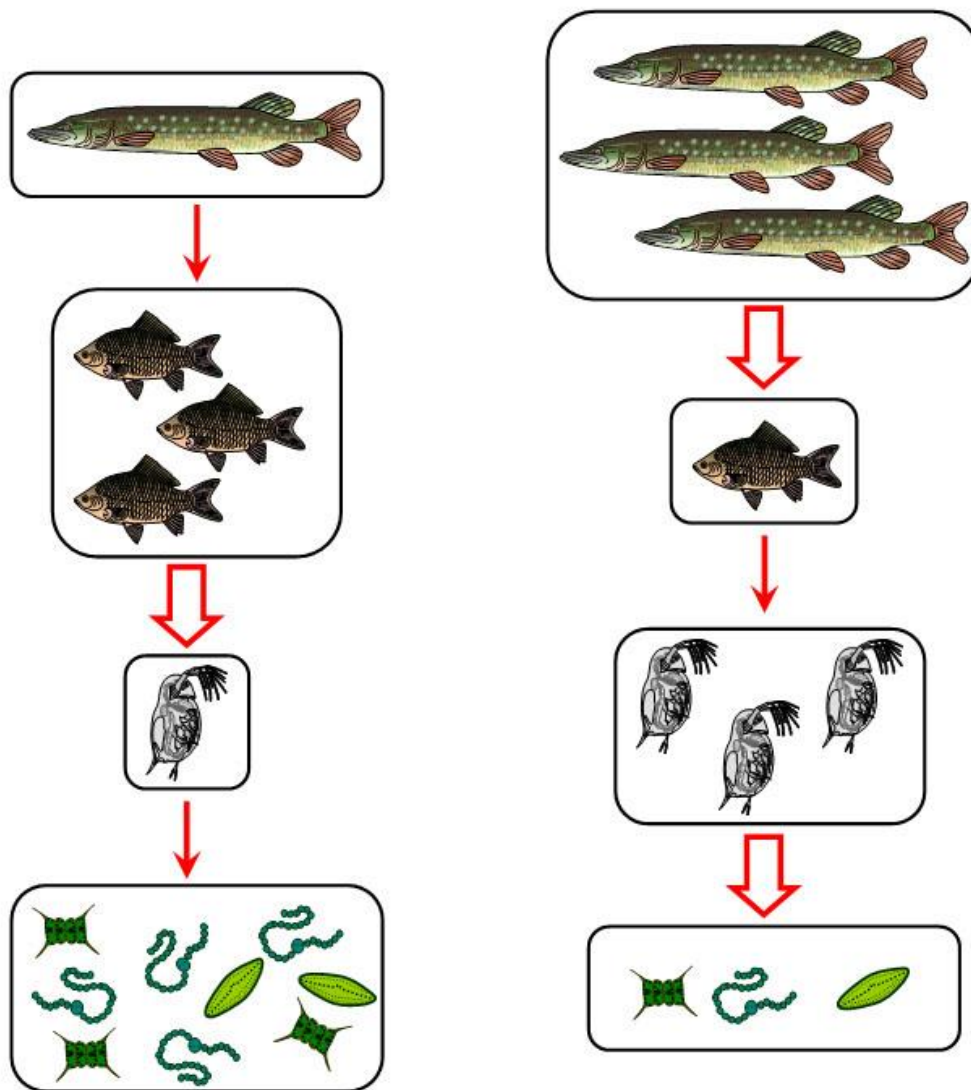
изменение пресса (численности и биомассы) организмов, входящих в верхние (воздействие сверху вниз – “top-down”) и нижние (воздействие снизу вверх – “bottom-up”) пищевой пирамиды приводят к изменению потока биогенных элементов и структуре и функции всего сообщества

КАСКАДНЫЙ ЭФФЕКТ

БИОМАНИПУЛЯЦИЯ

- Hrbáček J. et al., 1961. Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton assemblages //Verh. Int. Ver. Theoret. Agnew. Limnol. 14: 192-195.
- Hrbáček J., 1962. Species composition and the amount of zooplankton in relation to the fish stock //Rozpr. ČSAV MPV. Roč.72, N 10.116 s.

КАСКАДНЫЙ ЭФФЕКТ (БИОМАНИПУЛЯЦИЯ, “top-down”)



УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ И ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ

- **СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПЛАНКТОНОЯДНЫХ И БЕНТОСОЯДНЫХ РЫБ**
- **ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАКРОФИТОВ В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ**
- **ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПРИБРЕЖНОЙ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЕМОВ**
- **КОНТРОЛЬ БИОГЕННОГО И ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Ключевые виды - виды, присутствие которых является решающим в поддержании и функционировании сообществ и они имеют непропорционально большое влияние на существование других видов
(Paine, 1969)

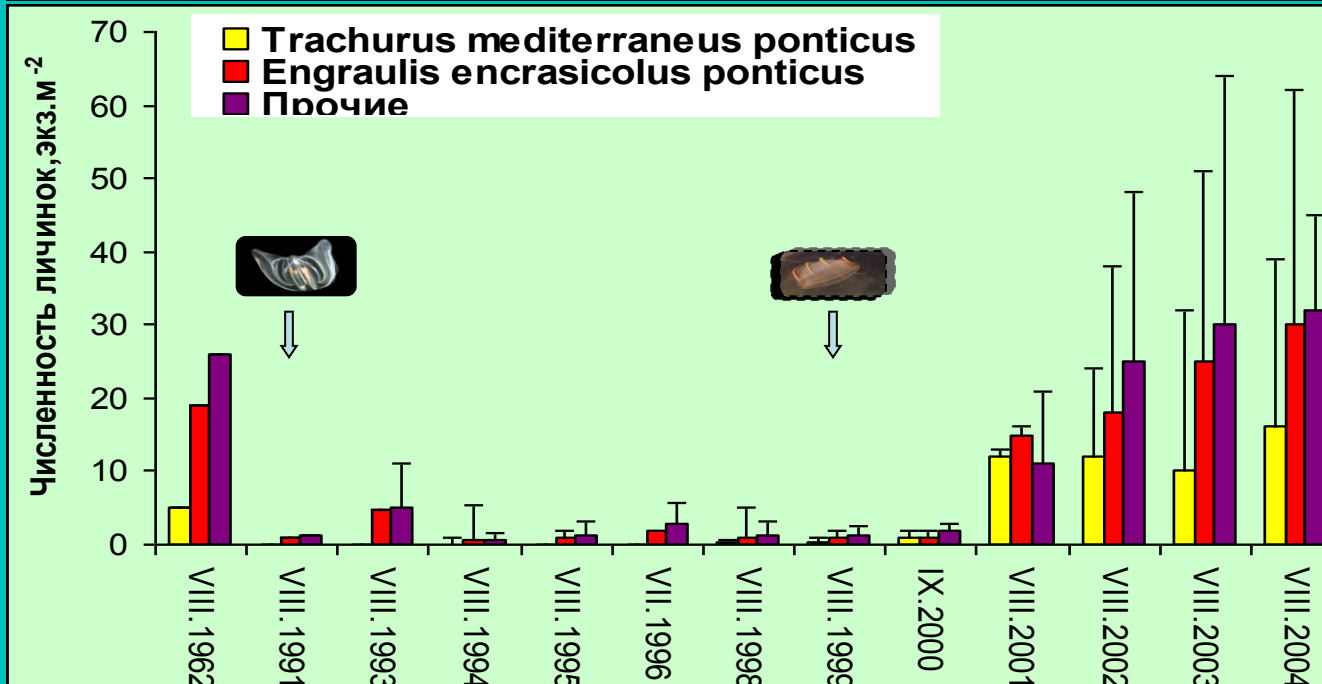
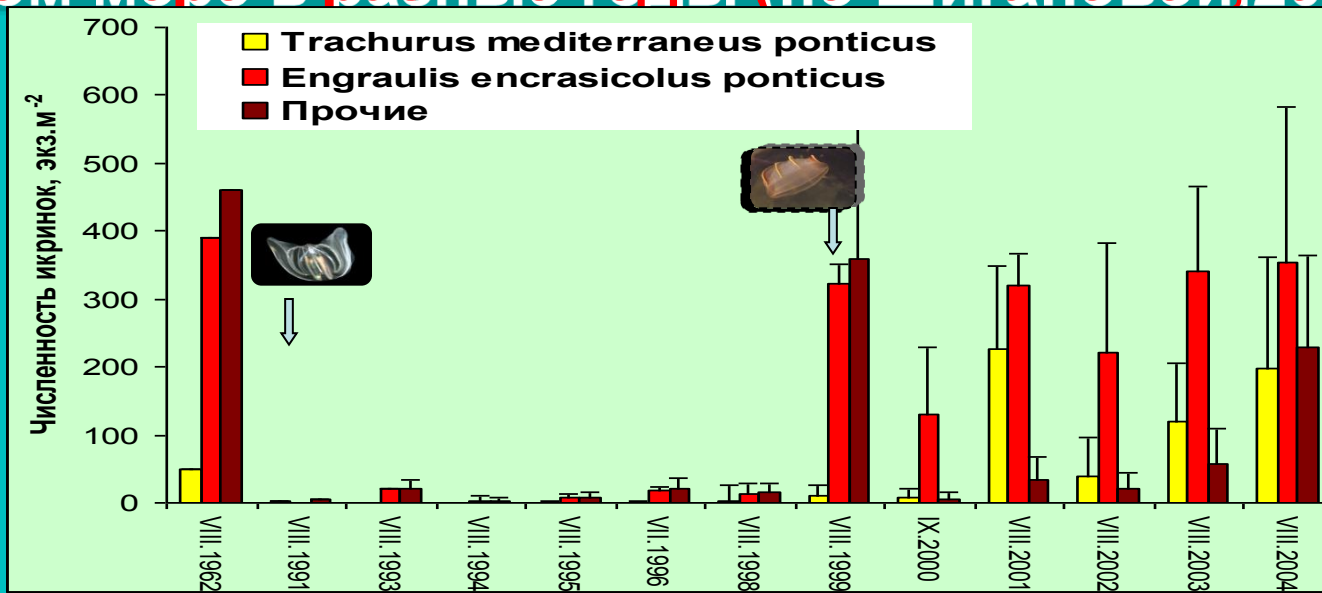
ТЕРМИНОЛОГИЯ

- **Виды-эдификаторы (Сукачев, 1928)**
- **Ключевые виды (keystone species) (Paine, 1969)**
- **Экосистемные инженеры (ecosystem engineerings) (Jones et al. 1994)**
- **Виды ведущие «средообразующую деятельность» (в отечественной литературе)**

Гребневик - *Mnemiopsis leidyi*



Динамика численности икринок и личинок рыб летом в Черном море в разные годы (по Шигановой, 2009)



Пелагические хищные рыбы
50931 → 6735 улов тыс.т

Дельфины
130000 → 40000 запас тыс.т

Пелагические рыбы планктофаги, улов
919202 → 242243 тыс.т

Пелагический Ихтиопланктон
900 → 32 экз.м⁻²

Демерсальные рыбы хищники и бентофаги
35011 → 16914 улов тыс.т

Мелкие рыбы бентофаги, улов
7202 → 2346 тыс.т

Желетельные

Колозоопланктон
15800 → 1126 г.м⁻²

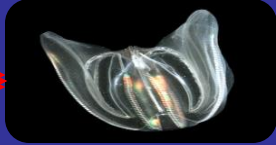
Меропланктон
4200 → 286 экз.м²

Демерсальный планктон

Фитопланктон
10,8 → 21 г.м⁻²

Зоофлагелляты

Макрофиты



Личинки



Личинки

Слизь

Бактерии

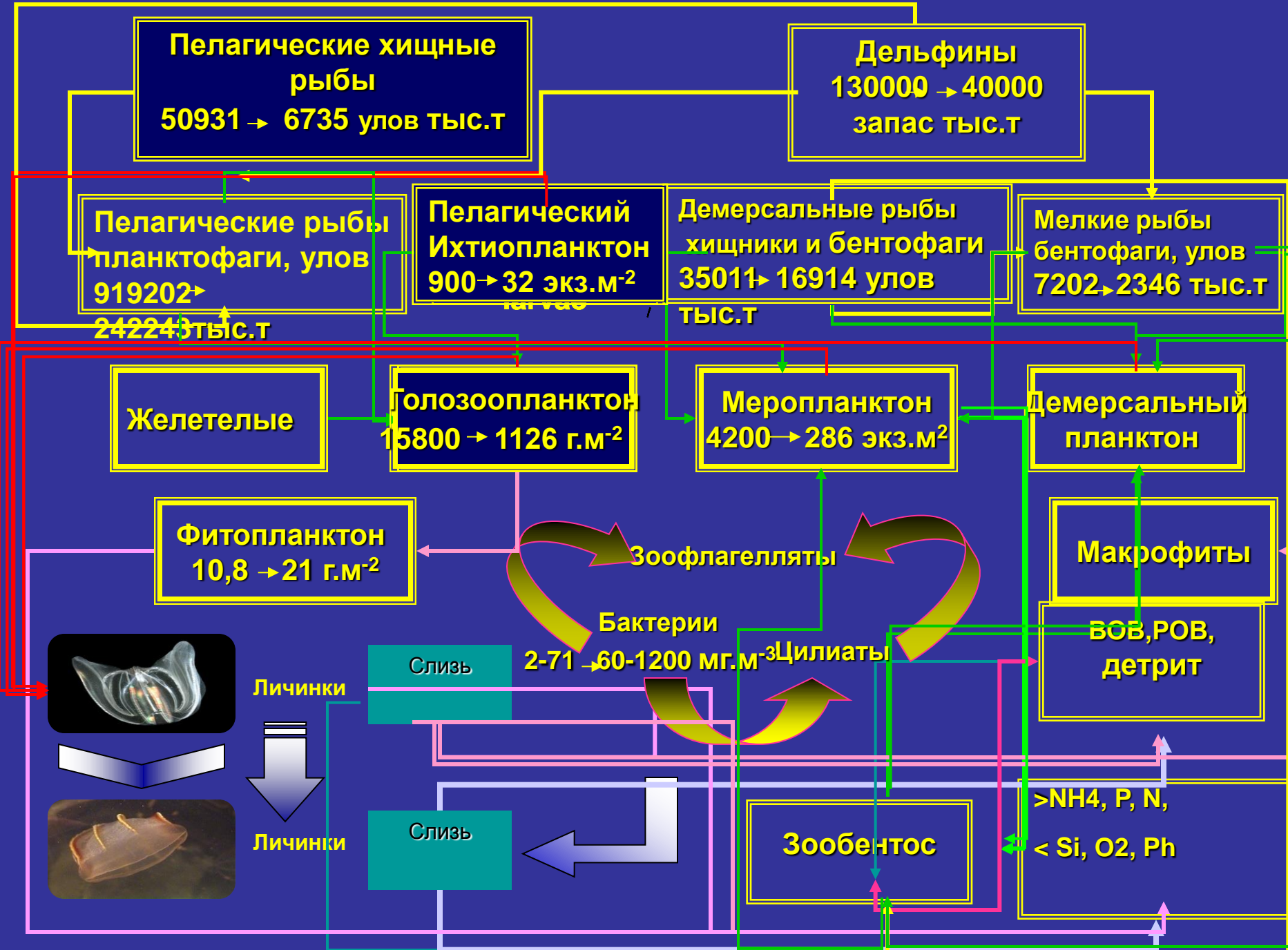
2-71 → 60-1200 мг.м⁻³

Цилиаты

ВОВ,РОВ, детрит

Зообентос

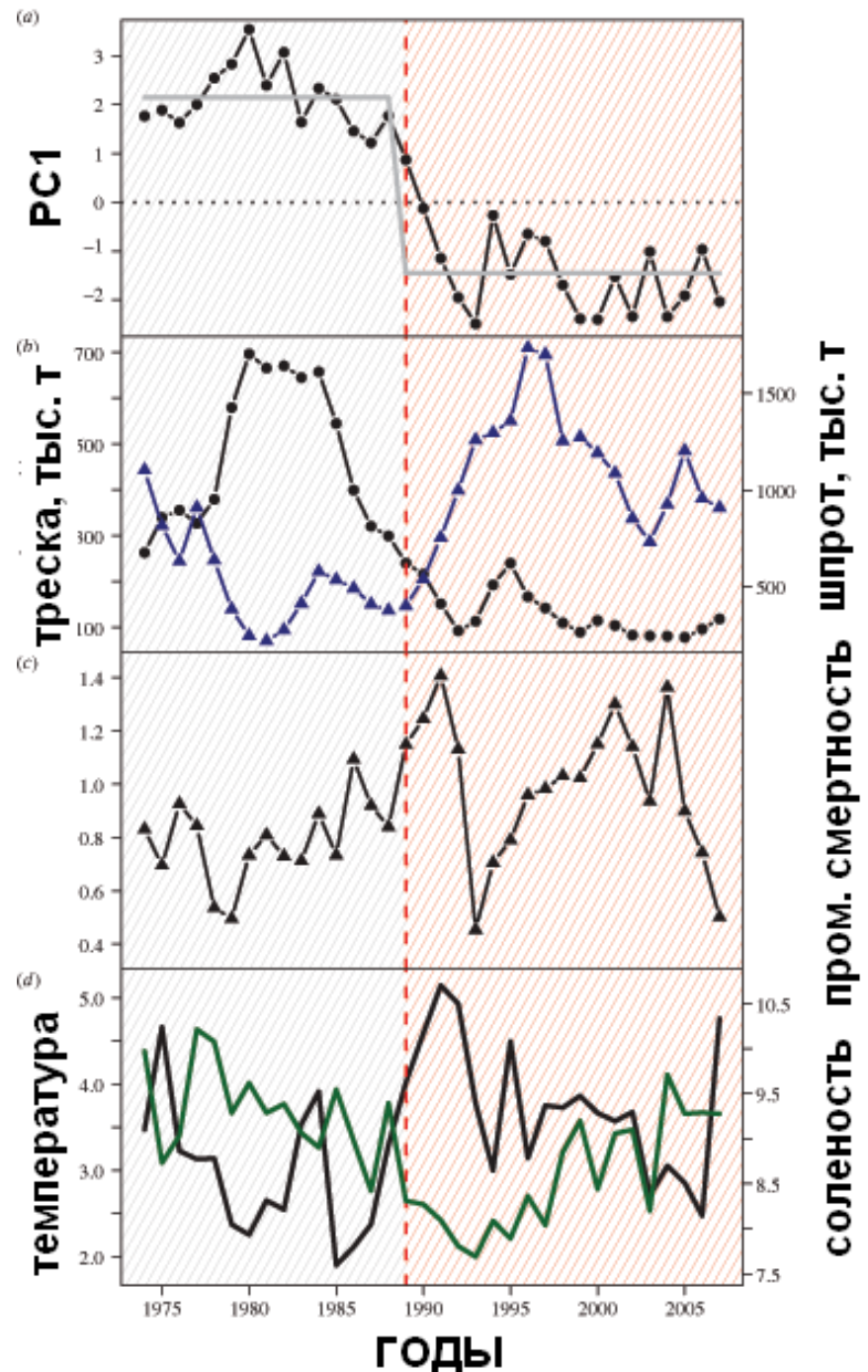
>NH₄, P, N,
< Si, O₂, Ph



ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ЭКОСИСТЕМЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

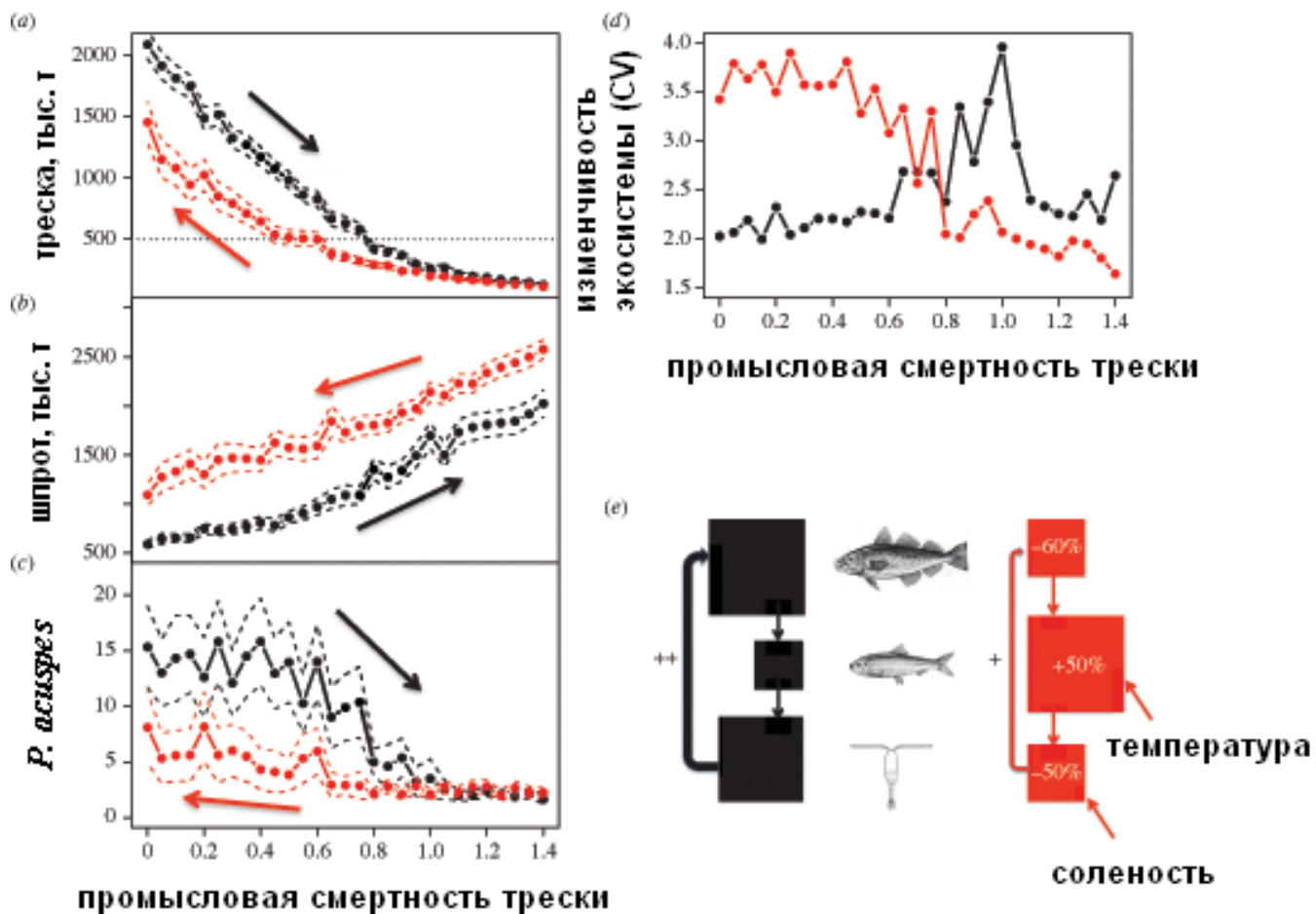
(по Blenckner et al., 2015)

Изменение структуры экосистем оценено анализом главных компонент биотических данных, по 3-м трофическим уровням (PC1) (а), изменения в рыбного сообщества биомасса нерестовой части популяций трески (черные кружки) и шпрота (синие треугольники) (b), история эксплуатации трески в терминах промысловой смертности (c), изменения в гидроклиматическом режиме - весенней температурой (черный) и солености (зеленый) (d).

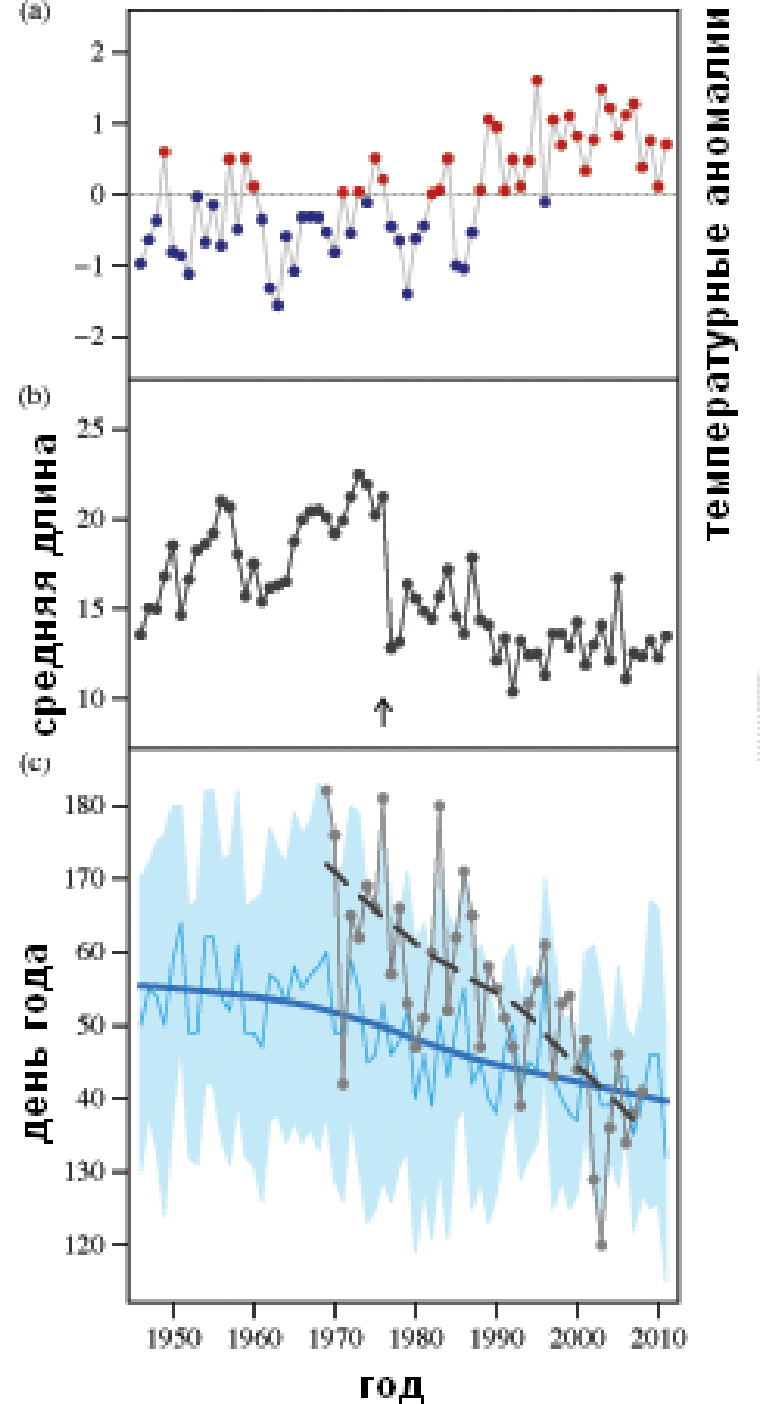


Новое базовое состояние экосистемы с более низким уровнем стабильности

Ответ трески (а), шпрота (б) и *Pseudocalanus acuspes* (с) и CV экосистемы на увеличение и последующее уменьшение уровня эксплуатации трески, при прошлых (черный) и текущих (красный) условиях температур и солености (d); изменчивость устойчивости части пищевой сети приводит к различным путям восстановления и более низким базовым уровням биомассы (e).



**Временной ряд
среднегодовых
температурных аномалий
(а); средних размеров
производителей речного
окуня (б); фенология
хищника (молоди речного
окуня) – синий и жертвы
(зоопланктона - серый (с) в
оз. Уиндермер,
Великобритания
(по Ohlberger et al., 2014)**

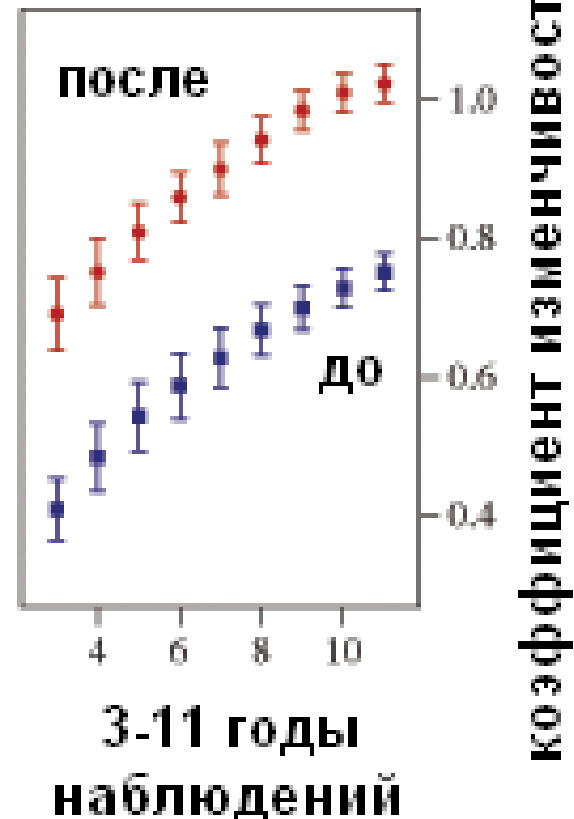


Численность (а) и коэффициенты вариации (б) до (синий) и после (красный) изменения размерного и возрастного состава популяции окуня (по Ohlberger et al., 2014)

(а)



(б)



ВЫВОД

- **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ПОСЛЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ –
СЛОЖНАЯ, ЧАСТО
НЕВЫПОЛНИМАЯ ЗАДАЧА**

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

- Гидробионты могут служить эффективным орудием регулирования водных экосистем для поддержания их в устойчивом состоянии и решении конфликта интересов
- Решить проблему устойчивого использования биоресурсов можно только комплексно, если ключевым подходом будет - *управление ресурсами*

Перспективы исследований биоразнообразия и продуктивности водоемов

- ведение мониторинга гидрологических и гидрохимических параметров, первичной продукции и параметров популяций представителей основных морфо-экологических групп; создание соответствующих баз данных;
- изучение роли ключевых видов в формировании структуры и продуктивности экосистем;
- ведение мониторинга параметров популяций видов пищевой сети

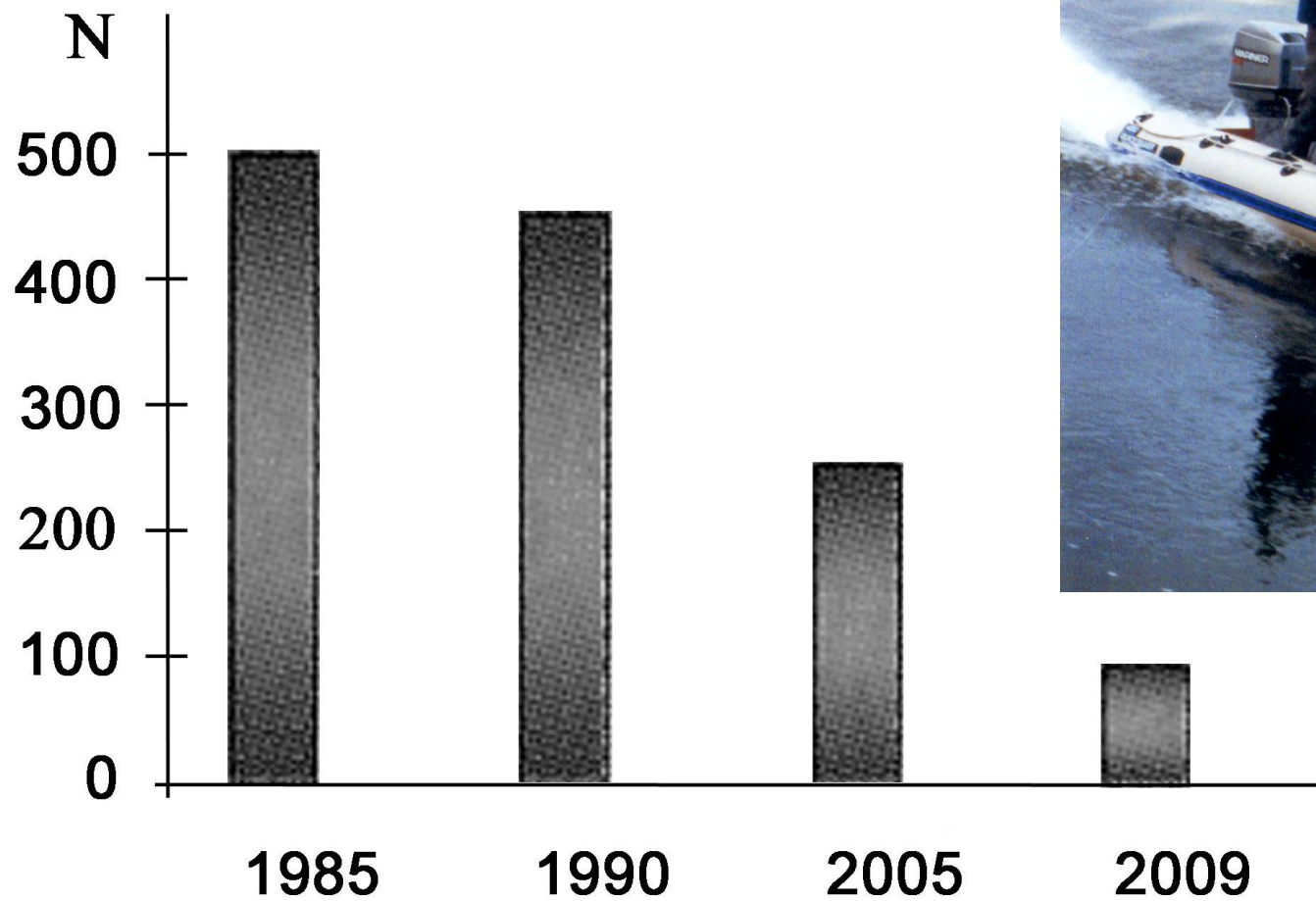
Перспективы исследований биоразнообразия и продуктивности водоемов

- Изучение ответных реакций экосистемы на изменение видового состава и динамики численности объектов промысла**
- Изучение влияния гидробионтов на экосистемы, связанные с пространственной гетерогенностью среды**

Перспективы исследований биоразнообразия и продуктивности водоемов

- - разработка научных основ биоманипуляции с целью решения проблем конфликта интересов при управлении водоемами;
- - ведение мониторинга параметров популяций чужеродных видов;
- - разработка научных основ контроля видов-вселенцев.

Число рыбохозяйственных экспедиций (по Крайний, 2010).



**СИТУАЦИЯ С ЭКСПЕДИЦИЯМИ
НА ВОДОЕМЫ РОССИИ МЕНЯЕТСЯ К
ЛУЧШЕМУ И МЫ РАССЧИТЫВАЕМ
НА ВАС**



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**