“История зависимости от плотности: От Рикера к управлению и природоохране"

Рэндалл М. Петерман

Факультет управления ресурсами и окружающей средой (REM),
Университет имени Симона Фрейзера,
Бернаби, Б.К., Канада

Собрание Американского рыбохозяйственного общества
Секция: Наука об охране тихоокеанских лососей
Рино, 1 октября, 2019

Randall M. Peterman 2019

План

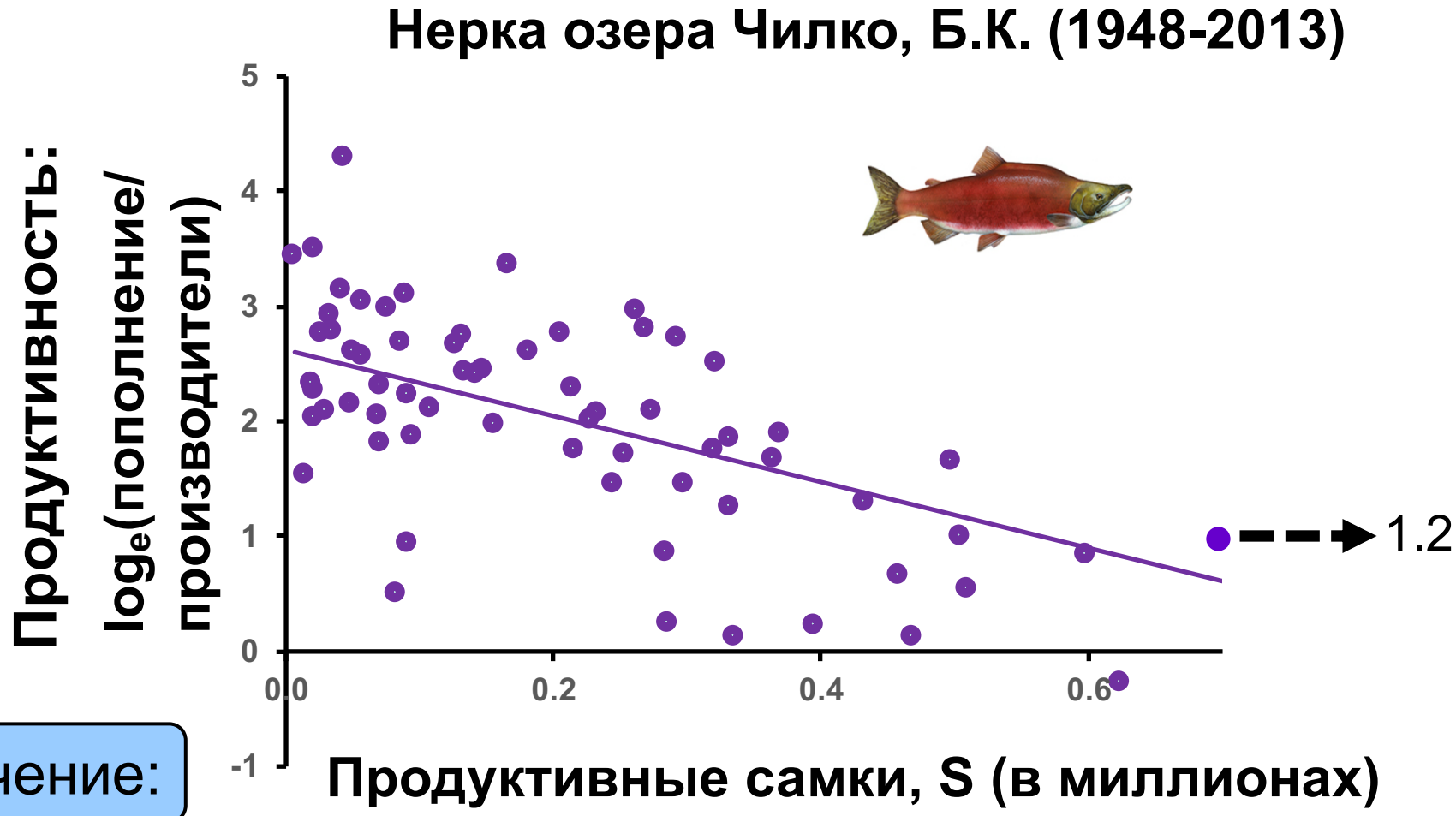
Теоретические основы зависимости от плотности у лососей

Типы зависимости от плотности

Значения для управления и природоохраны

Небольшое обобщение...

Компенсация

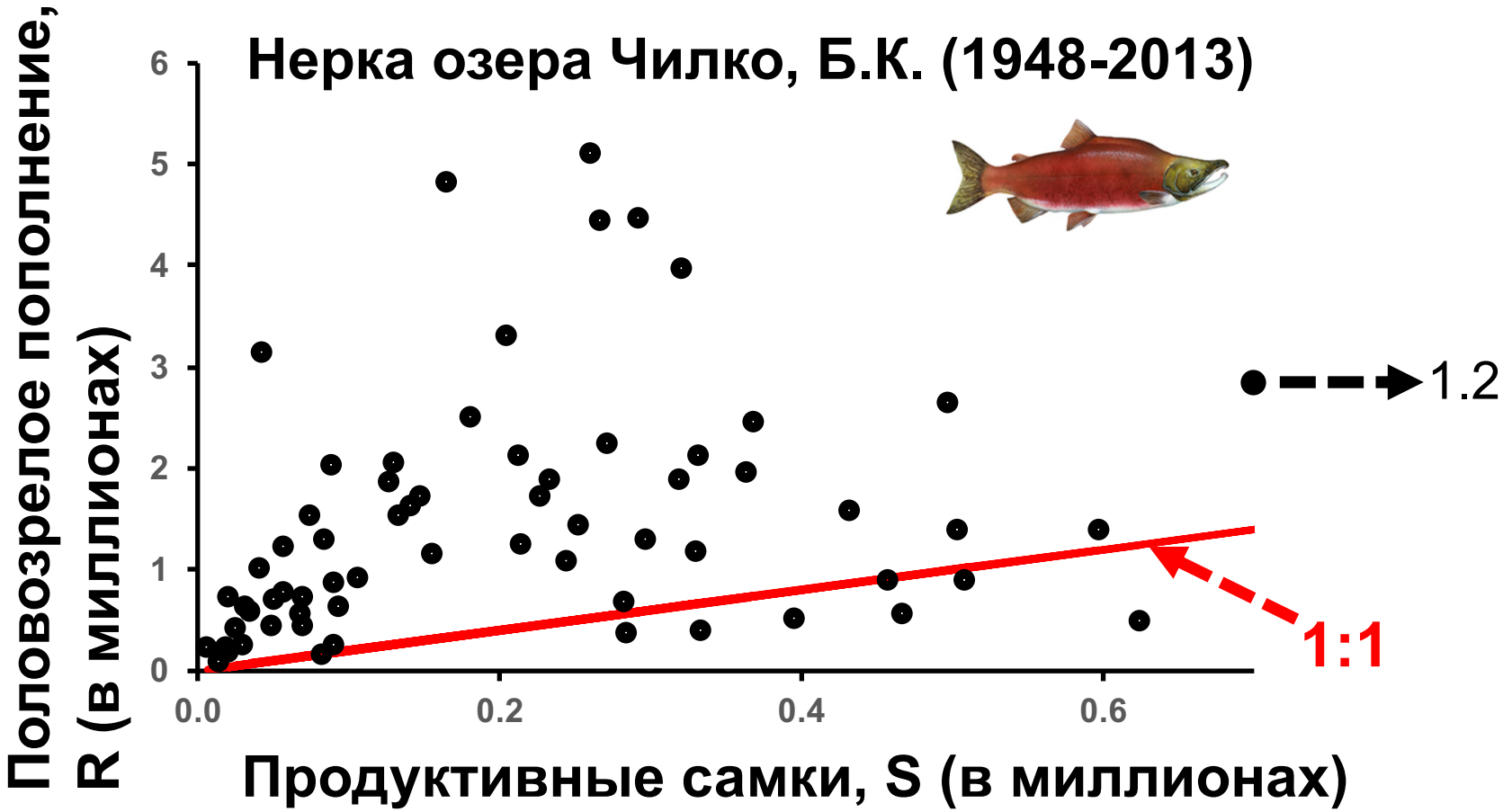


Значение:

Помогает восстановить популяции с низкой численностью

Randall M. Peterman 2019

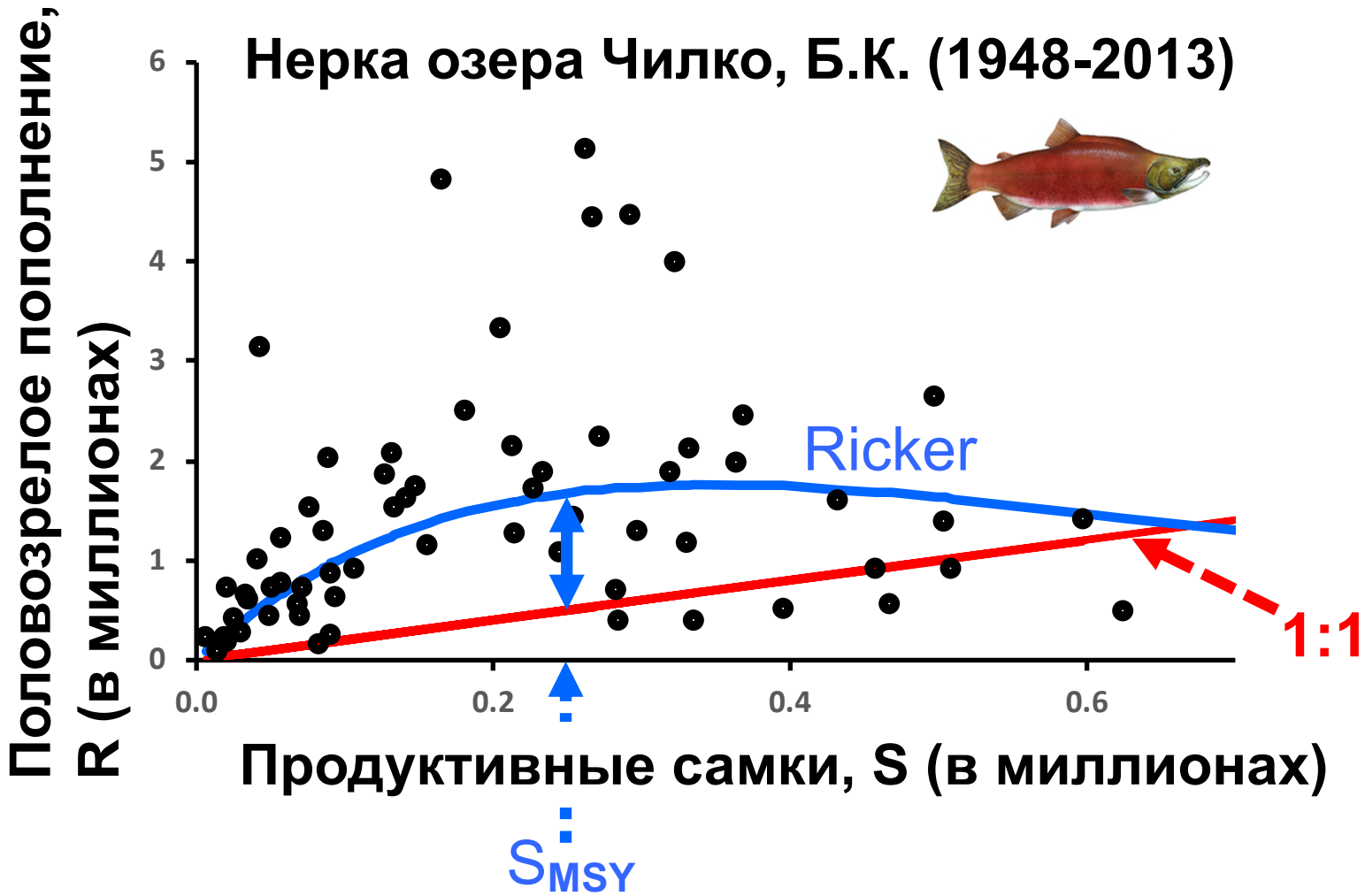
Michielsens, PSC, 2019



Даёт устойчивый вылов

Randall M. Peterman 2019

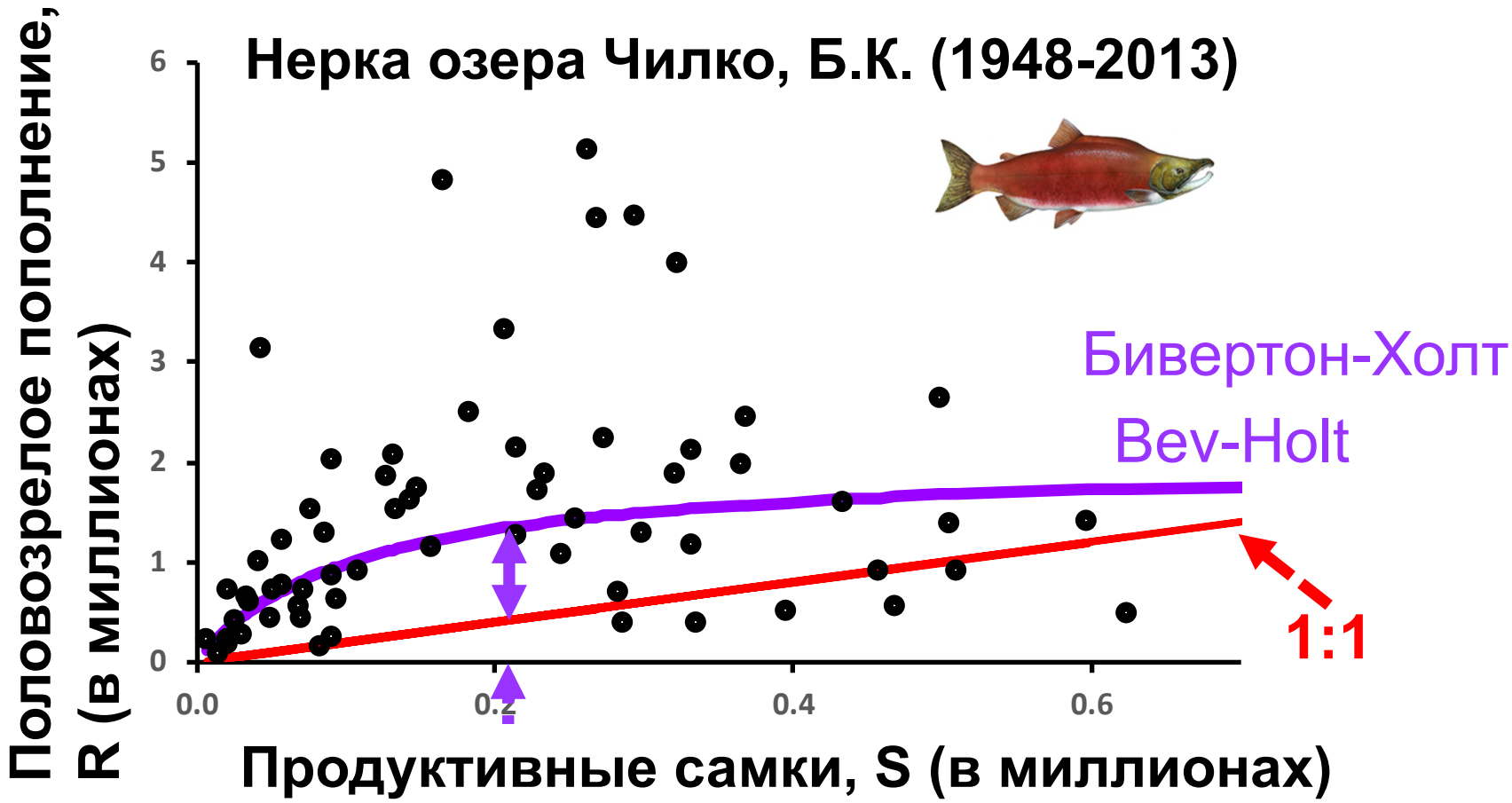
Michielsens, PSC, 2019



S_{MSY} зависит от формы функции (параметров)

Randall M. Peterman 2019

Michielsens, PSC, 2019



S_{MSY} (12% ниже чем по Рикеру)

MSY – максимальный устойчивый вылов (МУВ)

S_{MSY} также зависит от того, какая функция подгоняется к данным; *след. Каннингхэм*

Randall M. Peterman 2019

Michielsens, PSC, 2019

Целевые опорные критерии для управления

- S_{MSY} (производители, обеспечивающие МУВ)
- % коэффициент улова, который ведёт к МУВ
- ...

Ограничивающие опорные критерии отражают природоохранные задачи

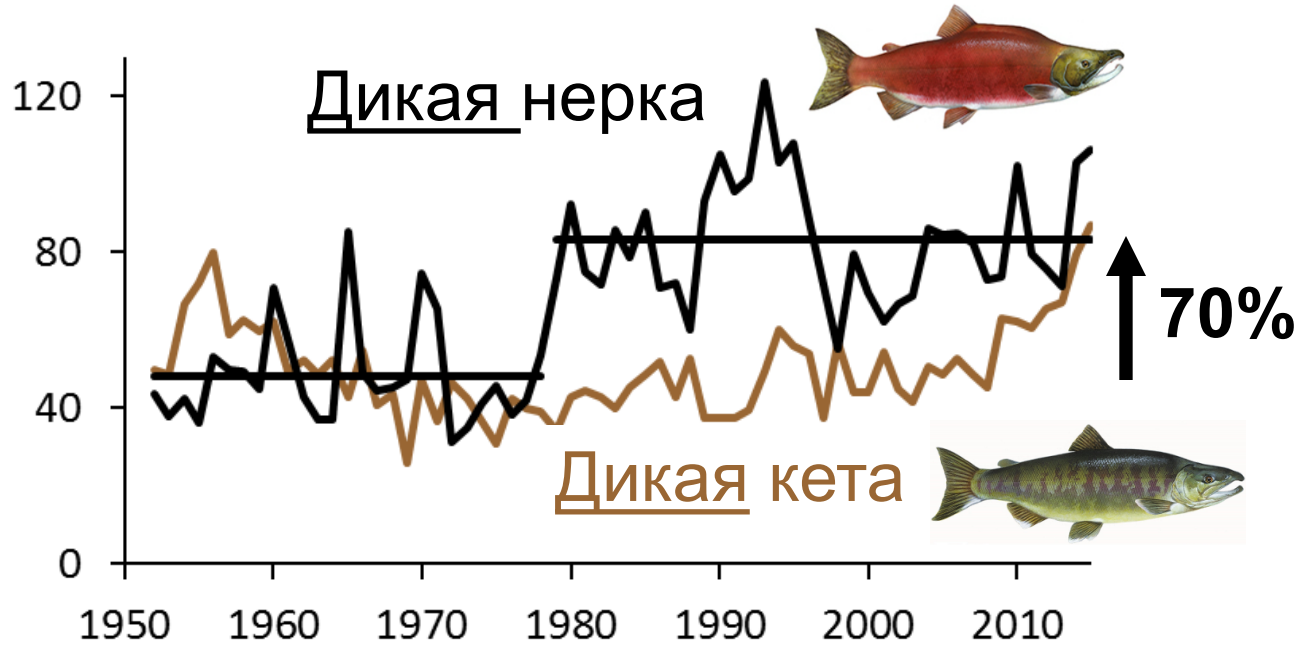
- Также вытекают из параметров модели производители к пополнению
- - 0.4*S_{MSY}
- S_{gen} (восстановление до S_{MSY} за одно поколение)
- ...

Randall M. Peterman 2019

Принимая во внимание природоохранные проблемы, стоит ли беспокоиться об эффекте зависимости от плотности в случае <u>высокой</u> численности?

Да!

Числ. половозрелого возврата (вылов+пропуск на нерест) в Северной Пацифике (в миллионах рыб)



Год возрата

Randall M. Peterman 2019

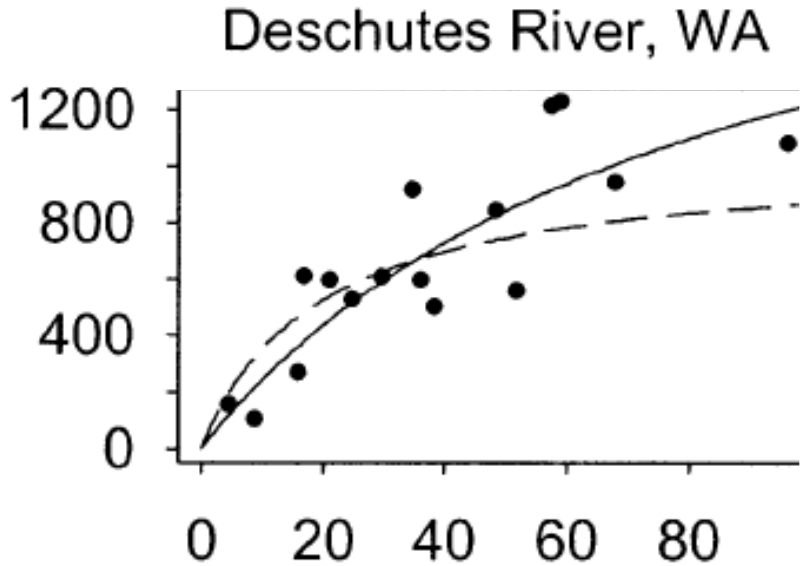
Irvine & Ruggerone 2018

Четыре типа компенсаторной зависимости от плотности

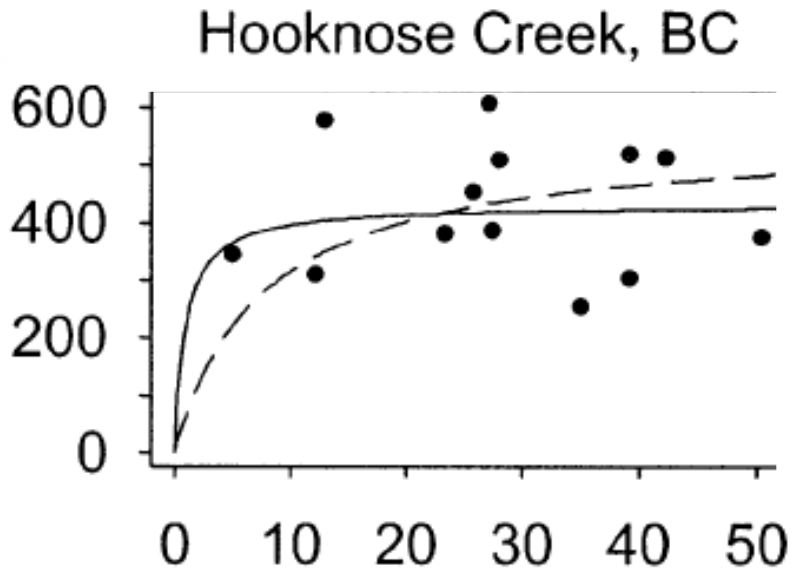
1. Зависимость от плотности **внутри** популяции

Зависимость от плотности в пресной воде

Покатная молодь кижуча на км. реки



Река Дешутс, Вашингтон



Река Хукноуз, Британская Колумбия

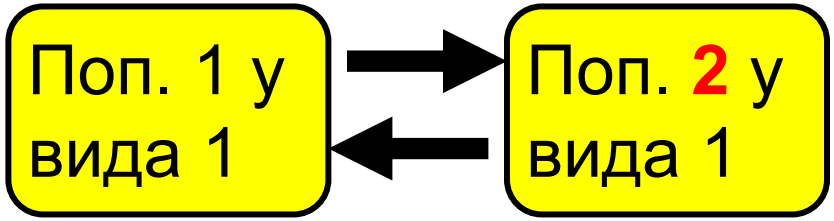
Самки производители кижуча на км. реки

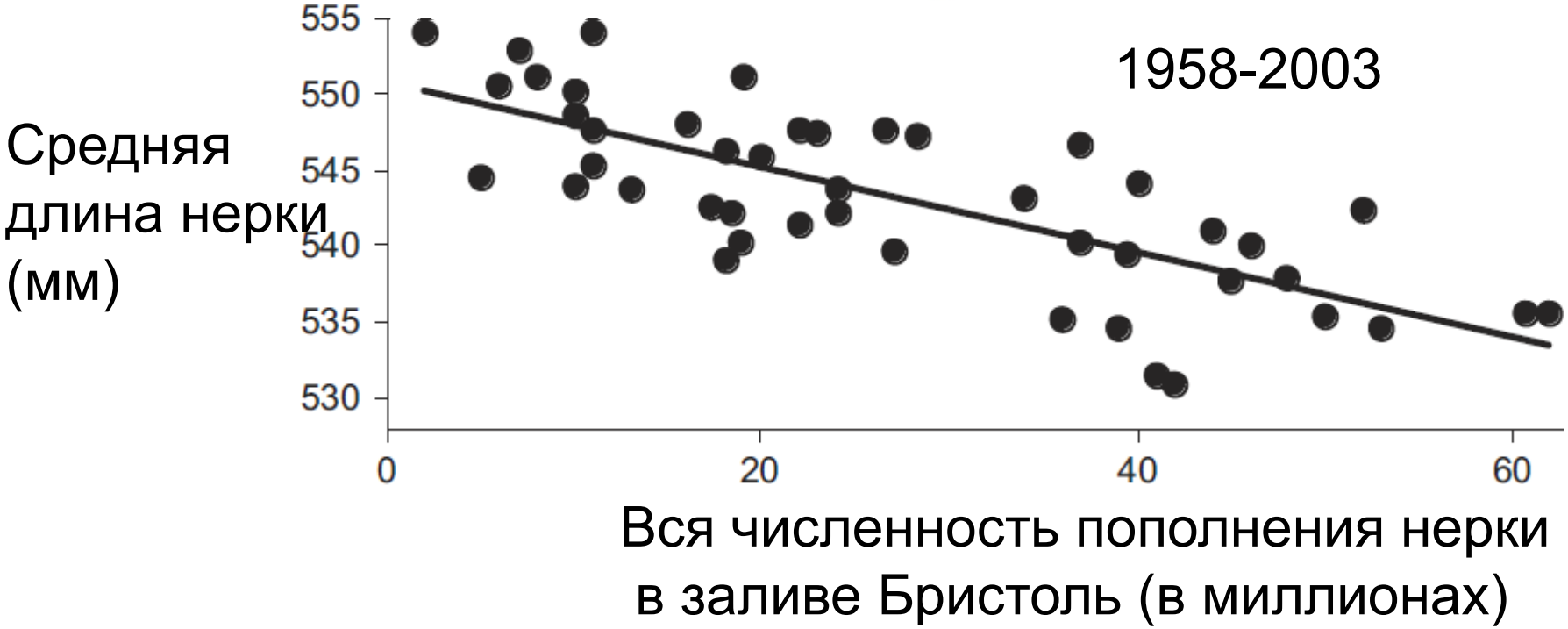
Численность покатной молоди кижуча территориально ограничена

Barrowman et al. 2003

Randall M. Peterman 2019

2. **Межпопуляционная** зависимость от плотности у **одно вида**



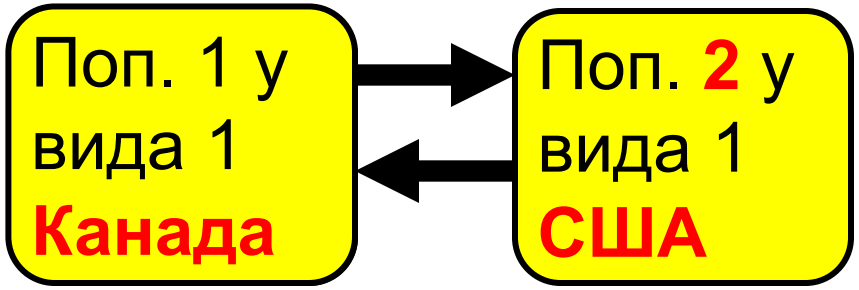


Пониженная длина тела снижает биомассу и плодовитость.

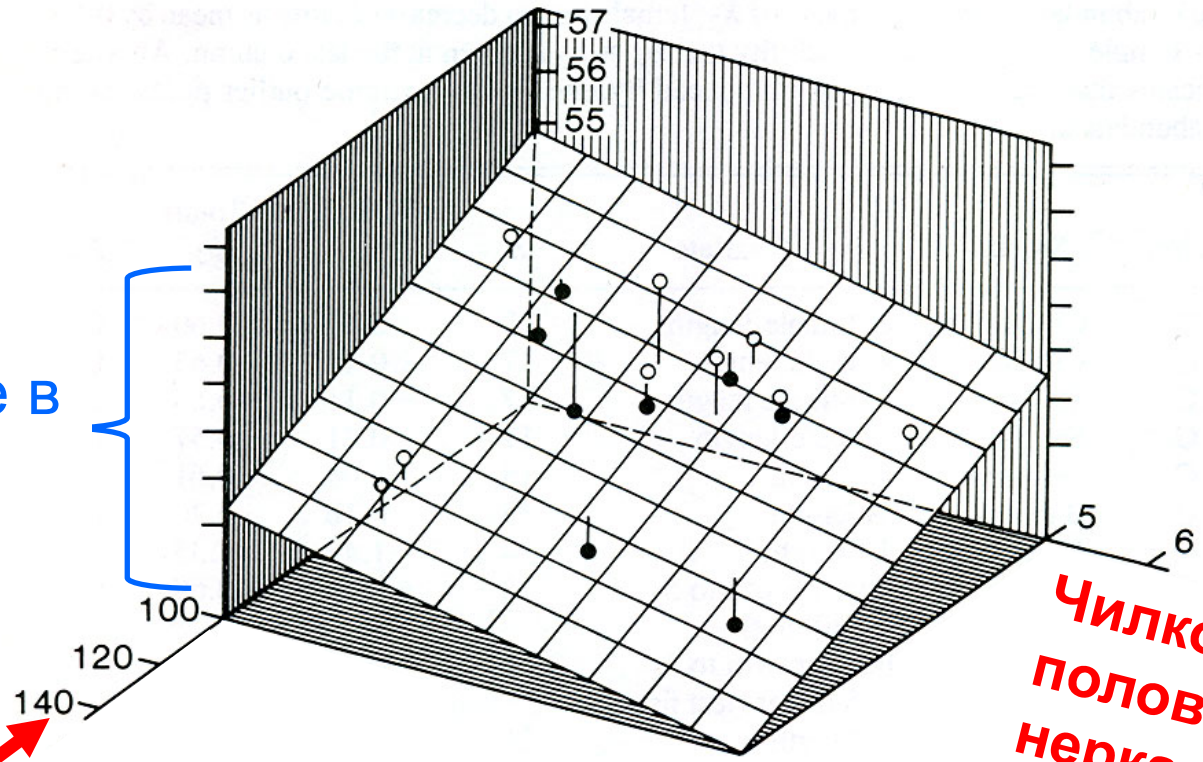
Ruggerone et al. 2007; впервые отмечено у Роджерса в 1980

Randall M. Peterman 2019

3. **Межпопуляционная** зависимость от плотности у **одно вида, но из разных стран**



Озеро Чилко, Б.К. длина тела самок нерки в возрасте 4 (см)



22% снижение в массе на рыбу

Общая численность половозрелой нерки Б.К. + Аляска (в миллионах)

Чилко, Б.К. половозрелая нерка (в миллионах)

Нерка из Аляски снижает размер тела нерки Британской Колумбии

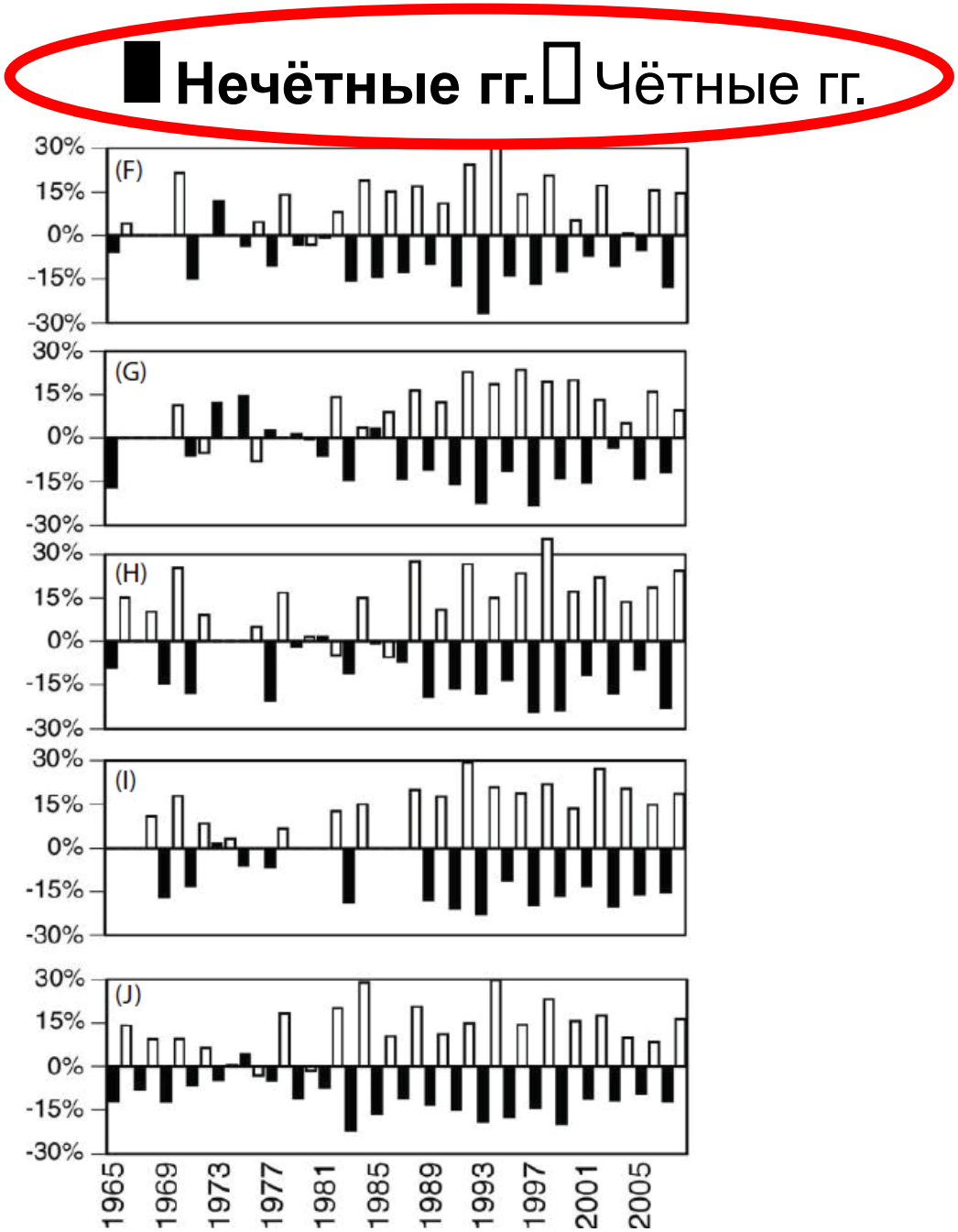
Peterman 1984

Randall M. Peterman 2019

4. Зависимость от плотности **у разных видов**

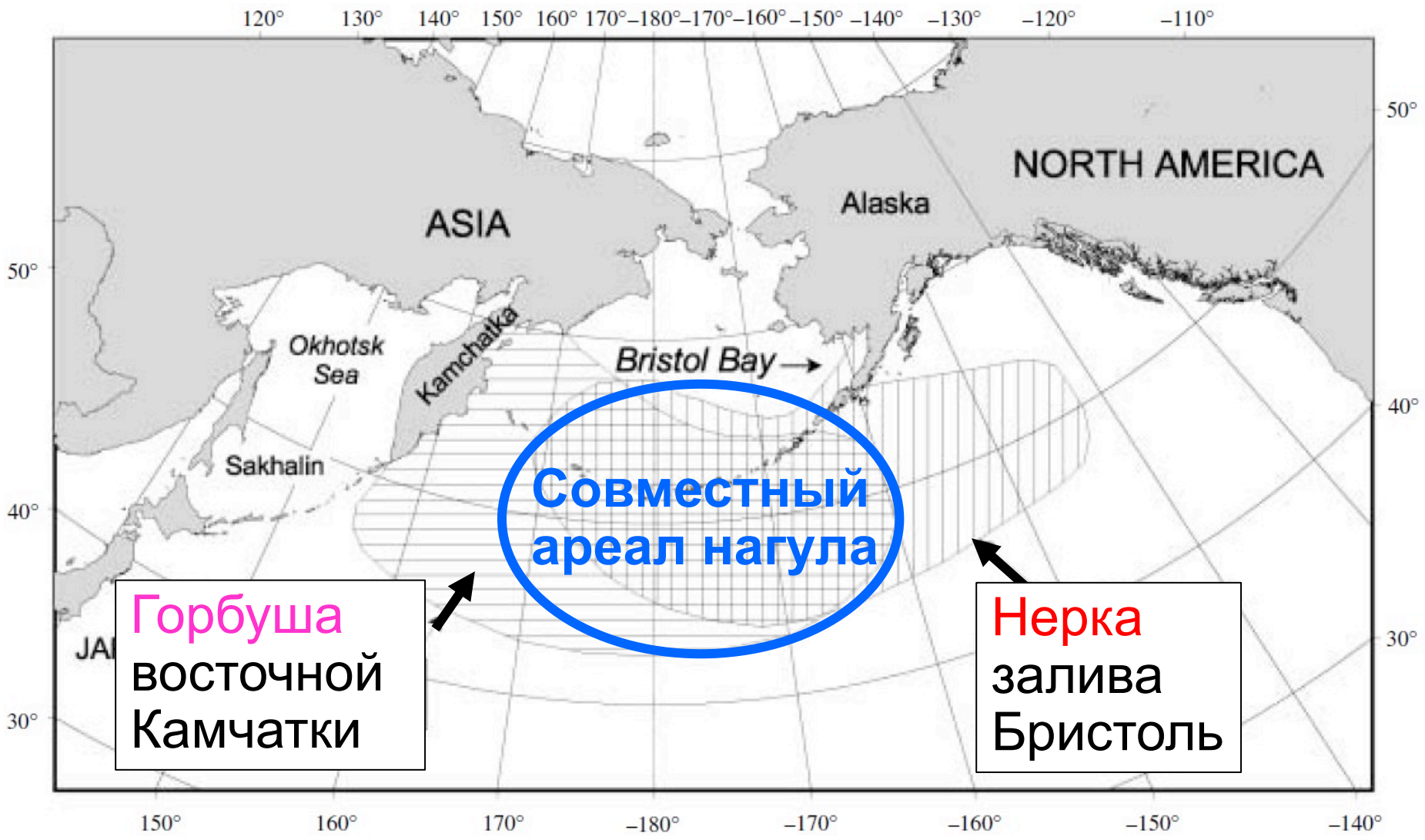
Нерка ← Горбуша

Относительный **<u>прирост</u>** нерки за третий год



Randall M. Peterman 2019

Ruggerone et al. 2016

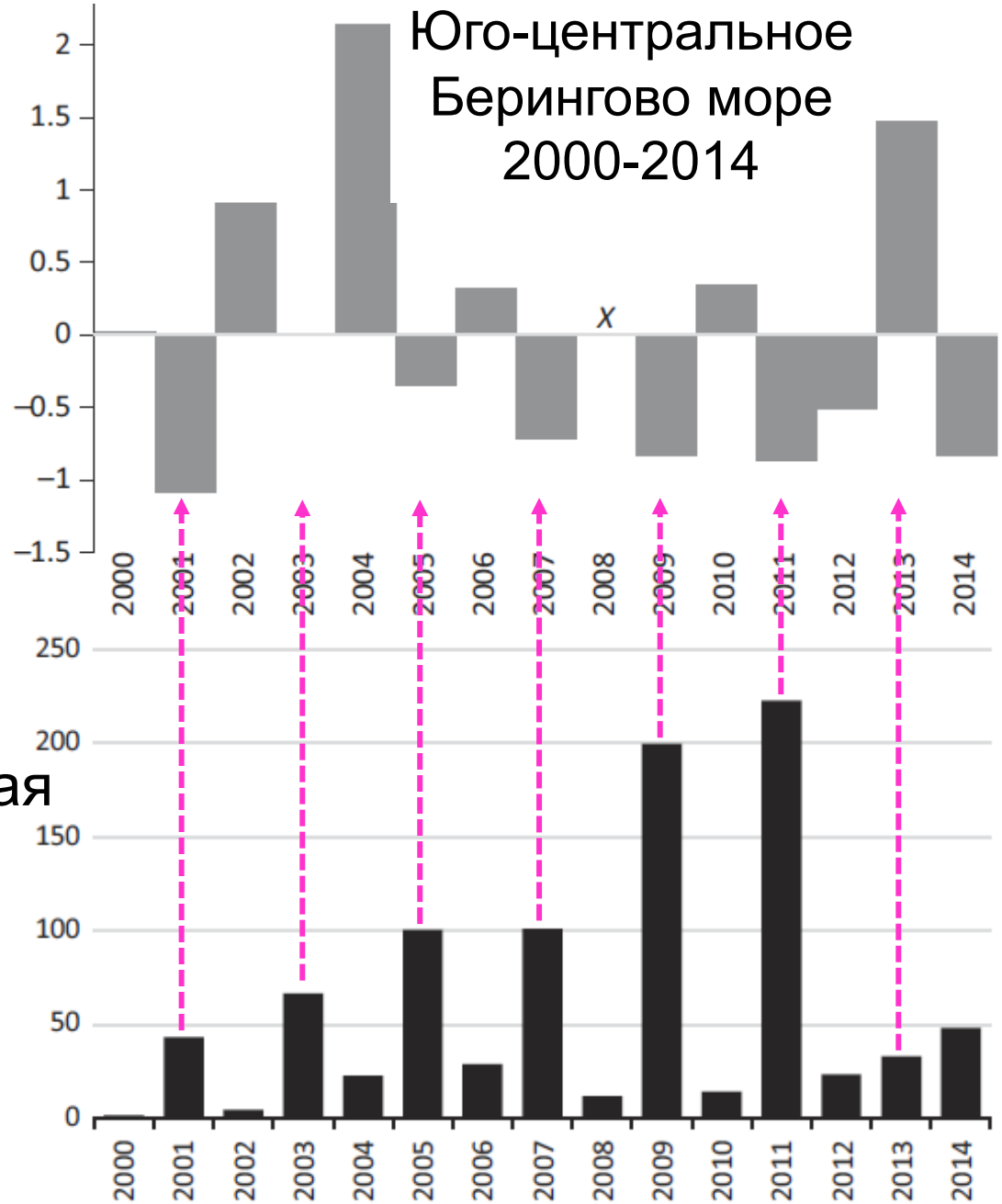


Ruggerone et al. 2003

Randall M. Peterman 2019

Нормализованная плотность крупных копеподов

r^2=0.32,
P=0.04

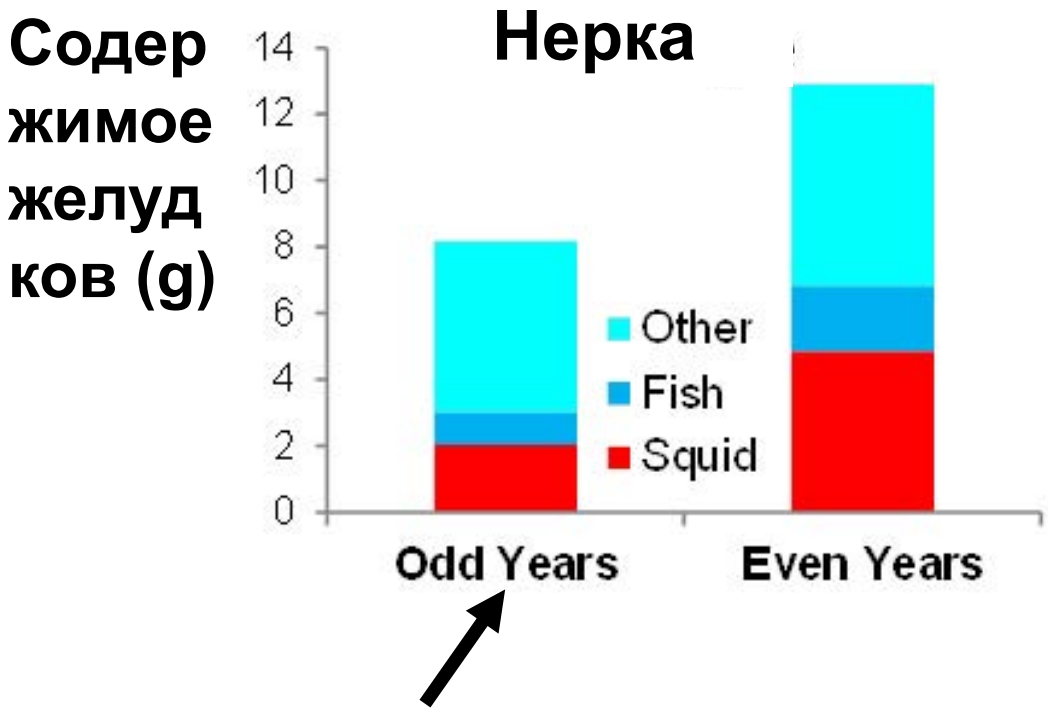


Восточно-камчатская горбуша
(в миллионах)

Randall M. Peterman 2019

Batten et al. 2018

1991-2000



Кормовая база
<u>горбуши и нерки</u>
частично одинакова в:
- Беринговом море
  (Davis 2003)
- заливе Аляска
  (Kaeriyama
  et al. 2004)

...

<u>В нечётные годы</u>
38% снижение наполнения желудка+
57% снижение числ. рыб и кальмаров

Davis 2003

Randall M. Peterman 2019

Средний рост нерки залива Бристоль, z 1965-2009

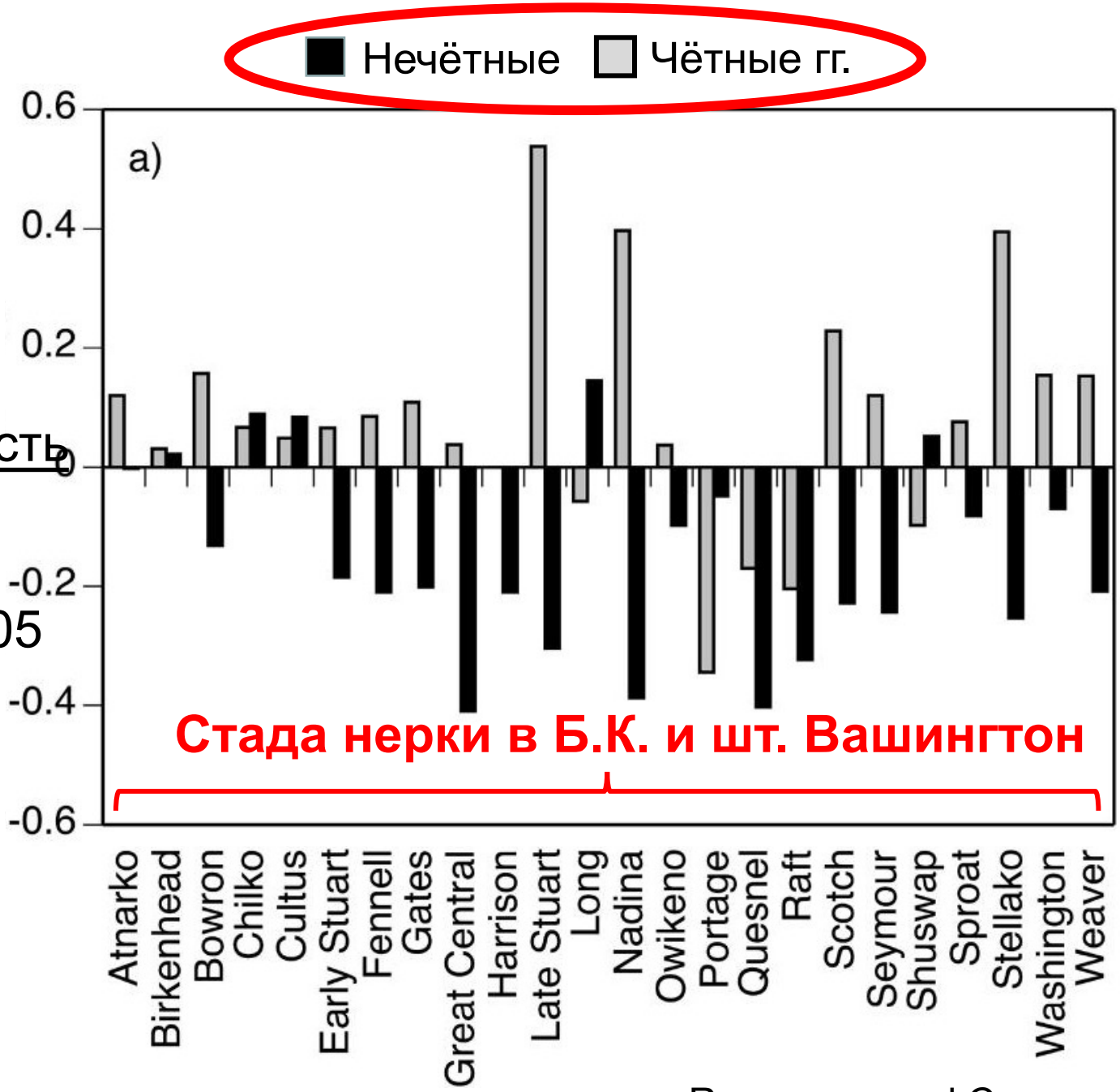
Нечётные к чётным годам по нерке 35% ниже выживаемость от смолтов до половозрелости На 92 мил. меньше возврата в 1977-1997 (Ruggerone и Nielsen 2004)

Численность восточно-камчатской горбуши (в миллионах), z

Ruggerone et al. 2016

Randall M. Peterman 2019

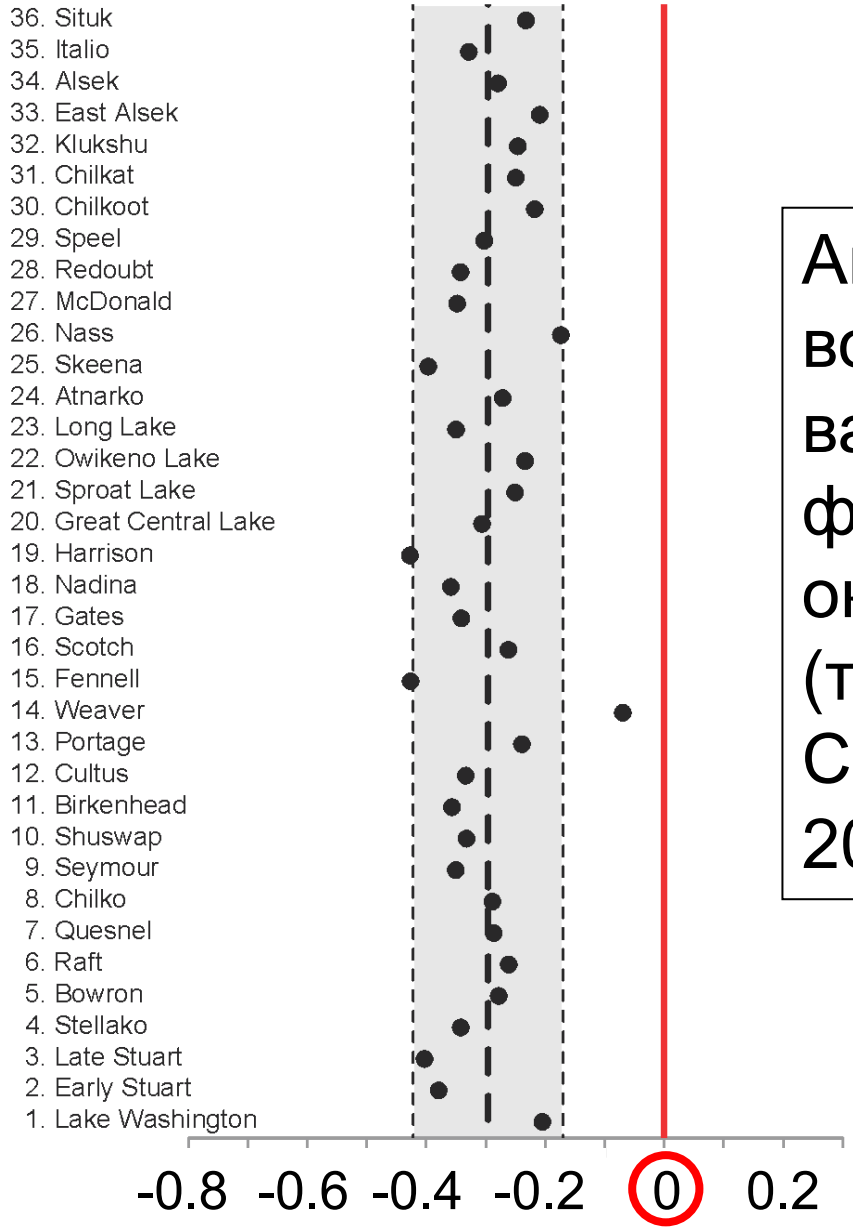
Средняя
Остаточная
продуктивность
по кривой
Рикера
S-R 1978-2005



Randall M. Peterman 2019

Ruggerone and Connors 2015

Стада нерки от юго-вост. Аляски до Б.К. и шт. Вашингтон



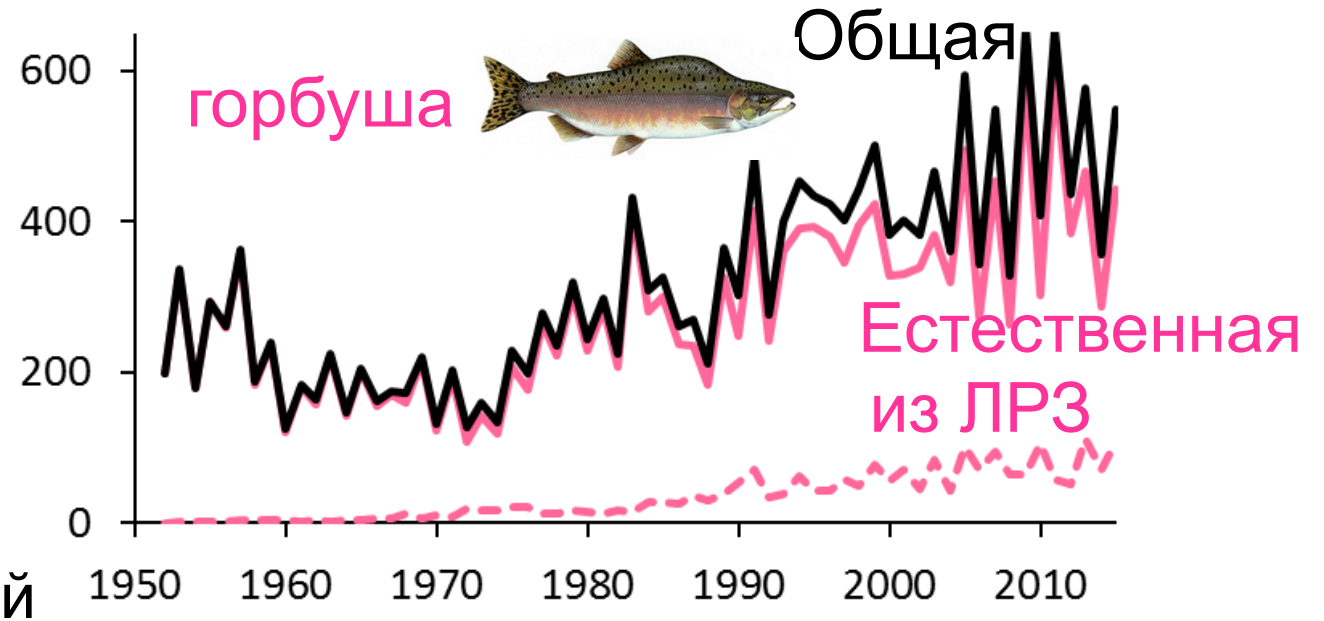
Анализ принимает во внимание вариабельность физ. параметров окруж. среды (также как и у Cunningham et al. 2018, etc.)

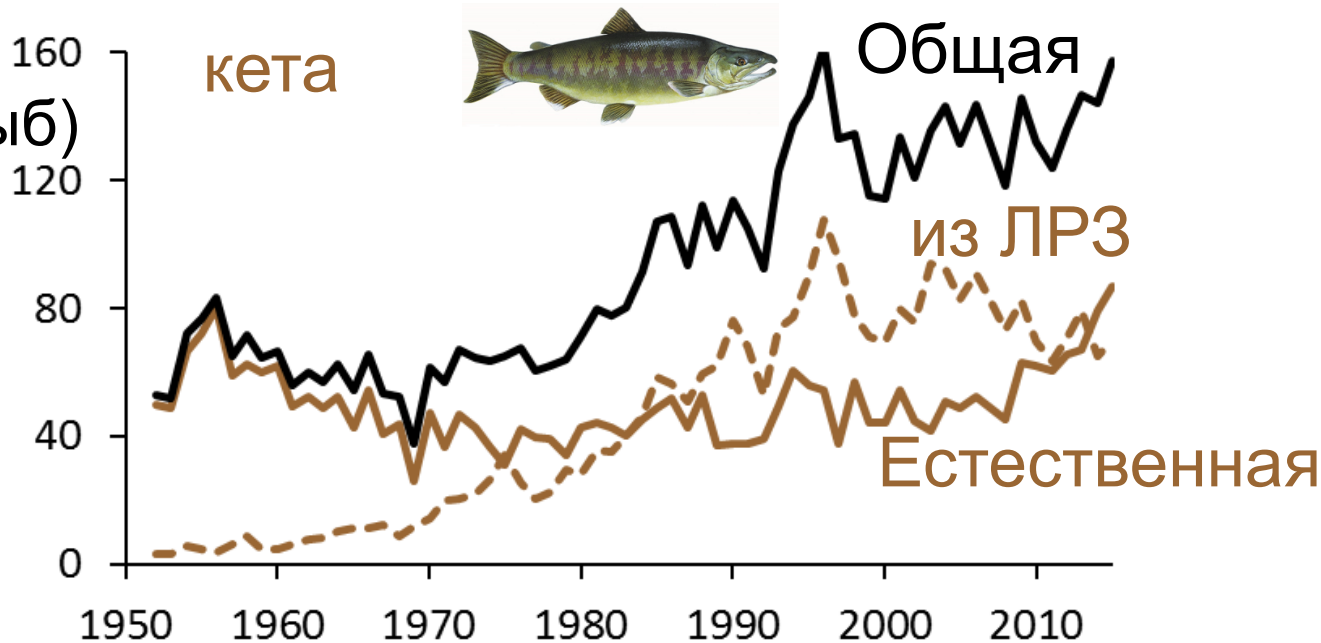
Ruggerone and Connors 2015

Изменение <u>продуктивности</u> нерки [$\log_e(R/S)$] к единице стандартного отклонения изменений в численности горбуши

Randall M. Peterman 2019

Численность половозрелой рыбы в северной Пацифике (в миллионах рыб)





Год возврата

Randall M. Peterman 2019

Irvine & Ruggerone 2018

Высокая численность горбуши нечётных лет понижает рост и/или коэффициент океанической выживаемости нерки.

- Приводит к ошибкам в до-сезонных прогнозах по нерке

- Планы ЛРЗ по закладке икры кеты и горбуши должны учитывать негативные последствия на др. популяции, виды и регионы
- «Трагедия ресурсов общественного пользования» в океане
- Необходимо международное сотрудничество/законодательство по ЛРЗ (ограничения и торговля квотами, другие меры)
- Экономическая оценка (Kishi et al. 2012; Kitada 2018)
- Возможно необходимо устанавливать добычу дикой рыбы ниже уровня S_{MSY}

Randall M. Peterman 2019

Компенсация (все вышеприведённые примеры)

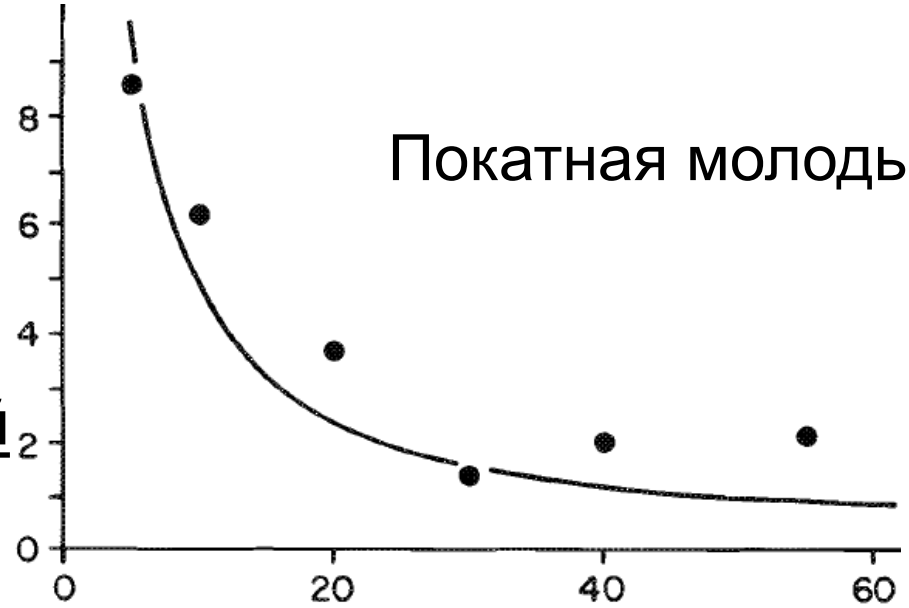
- Продуктивность **повышалась** при низкой численности и **понижалась** при высокой численности

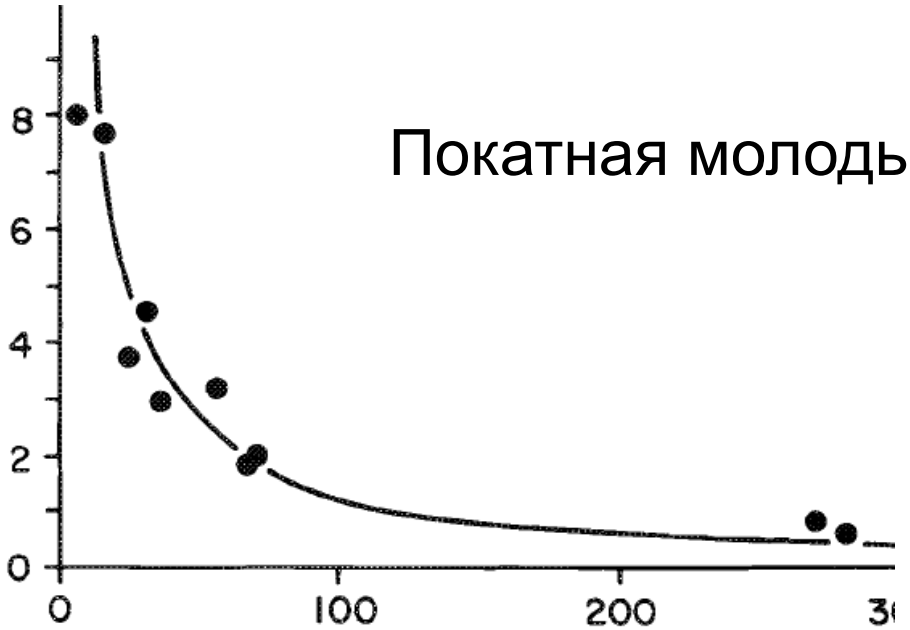
Депенсация

- Продуктивность **снижается** при низкой численности из-за более высокой смертности от хищничества

Депенсация

Макс. ежедневный % смертности от крохалей





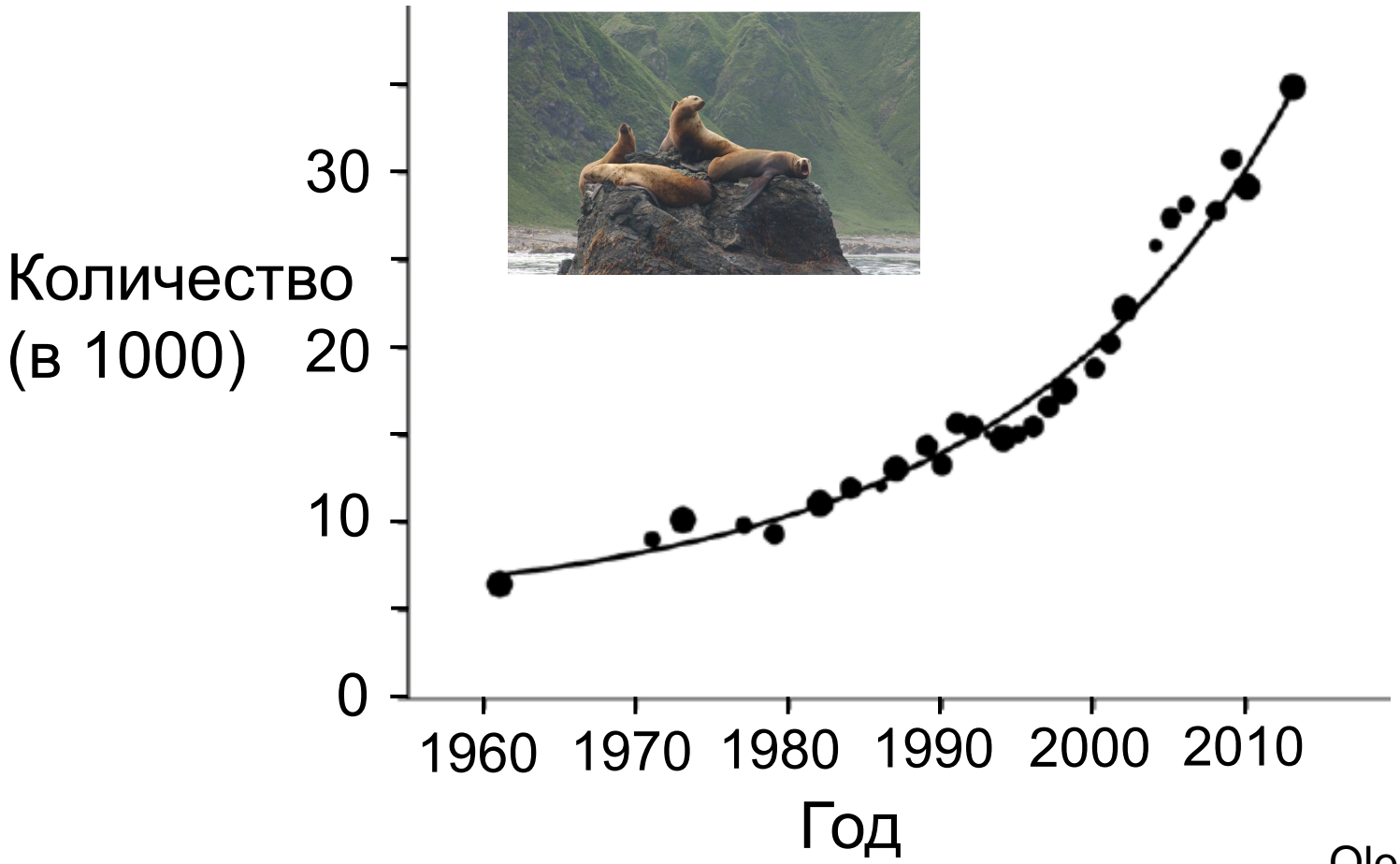
Wood 1987

Покатная молодь (в тыс.)

Randall M. Peterman 2019

Хищничество морскими млекопитающими

Морской лев Стеллера вдоль побережья Б.К. и юго-восточной Аляски

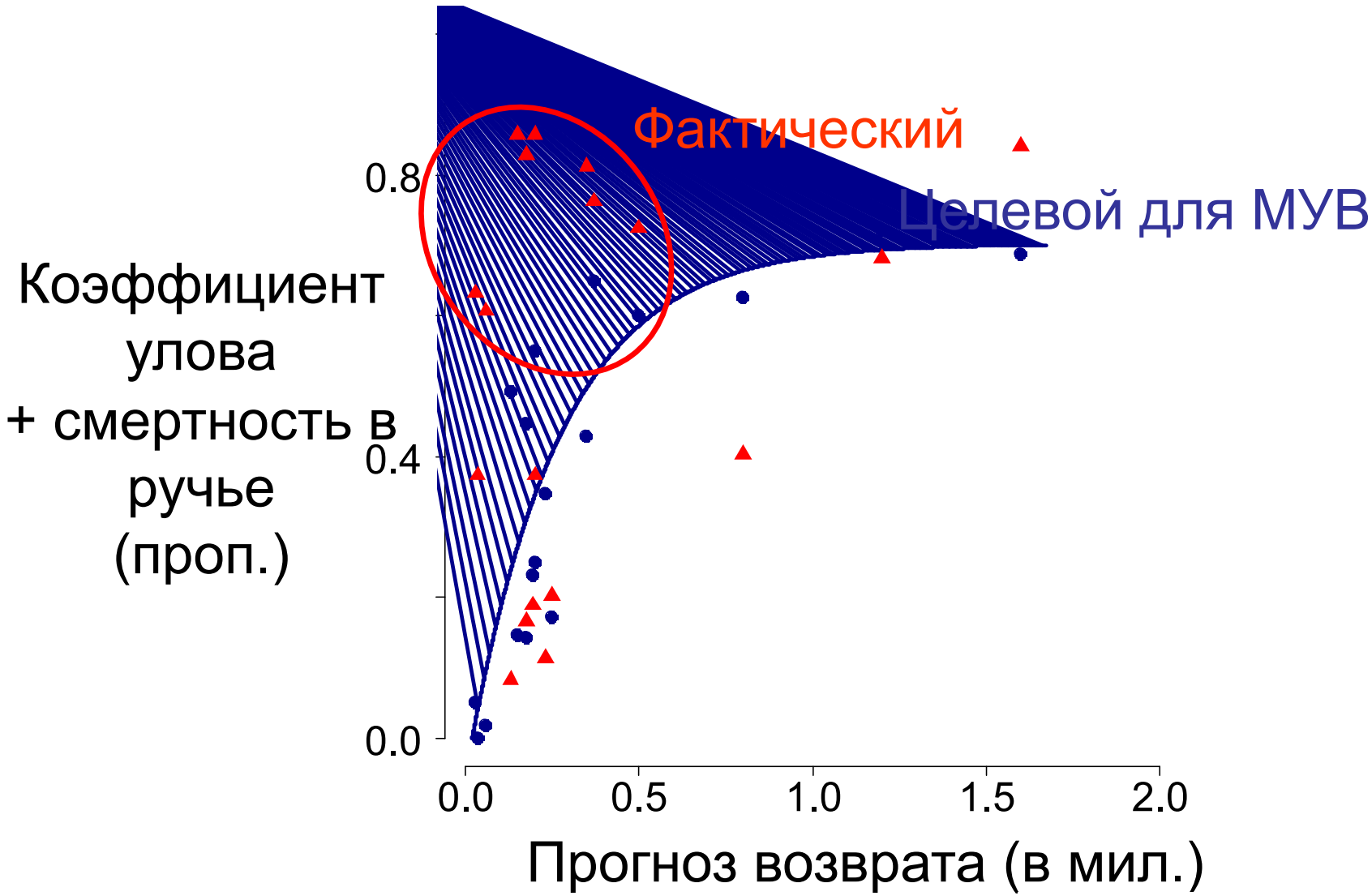


Olesiuk 2018

Randall M. Peterman 2019

Депенсаторный лов

Ранняя нерка в ручье Стюарт, Б.К. (1986-2003)



Randall M. Peterman 2019

Holt and Peterman (2006)

Депенсация

- Снижение численности некоторых популяций лосося может продолжиться по причине хищничества
- Депенсация может мешать восстановлению

Заключение

Зависимость от плотности
Влияет на рост и/или выживаемость
и имеет место...
- в пресноводной и морской среде
- внутри и между видами
- внутри и между странами

Мероприятия системы управления, природоохраны и рыбоводных заводов должны принимать эффект зависимости от плотности во внимание.