Формирующиеся угрозы заболеваний у тихоокеанских лососей

Джим Уинтон

Jim Winton

Геологическая разведка США
Западный рыбохозяйственный исследовательский центр
Сиэтл, Вашингтон

U.S. Geological Survey
Western Fisheries Research Center
Seattle, Washington

Что мы знаем о болезнях и возбудителях инфекций у рыб?

- По большей части, возбудители обнаруживались у животных, содержащихся в неволе
- Они включают в себя вирусы, бактерии, простейшие организмы и грибки
- О болезнях у диких популяций рыб известно мало
- Стресс сильно повышает уровень смертности или заболеваний
- Температура – самый главный фактор среды, влияющий на степень заболеваемости у рыб
- Сейчас наблюдается глобальное повышение заболеваемости у рыб

USGS
science for a changing world

Почему болезни и возбудители заражают некоторые водные биологические организмы?

- Диагностический анализ на более высоком уровне
- Съёмки новых видов и географических территорий
- Интенсивная аквакультура на эндемичных территориях
- Перенос возбудителей посредством аквакультуры, рыбной торговли, балластовыми водами, рыбаками, и пр.
- Естественные векторы переноса возбудителей, источники и переносчики заболеваний
- Биотические стресс-факторы в экосистемах
  - Потеря среды обитания, изменения кормовой базы
  - Присутствие инвазивных видов
- Физические изменения в окружающей среде
  - Занесение в среду загрязнителей или токсинов
  - Температура, водоток, pH, растворённый кислород

USGS
science for a changing world

Заболевания у рыб возникают в контексте многих антропогенных воздействий

- Потепление температур как следствие изменений климата
- Развитие государственной и частной аквакультуры
- Вброс загрязнителей, возбудителей и токсинов
- Потеря среды обитания
- Промышленный промысел
- Инвазивные виды

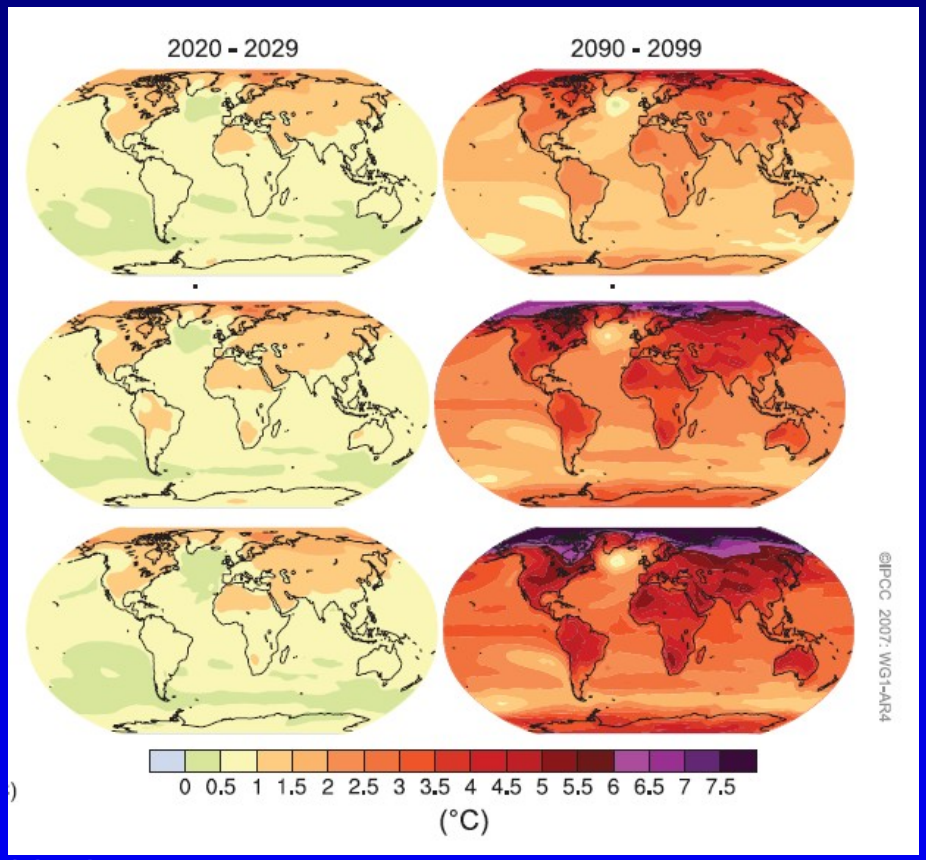
USGS
science for a changing world

Изменение климата

Межправительственная комиссия по вопросам изменения климата

“Потепление климатических систем неоспоримо”

- –Таяние льда и снега
- –Опасные погодные явления
- –Засухи и наводнения
- –Нарушения экосистем
- –Подъём уровня мирового океана
- –Повышение заболеваемости



Примеры: колумнариоз (столбиковая болезнь) у рыб в реках Кламат и Колумбия и ихтиофоноз в реке Юкон

USGS science for a changing world

Влияние температуры воды на кижуча заражённого *флексибактериозом (колумнариозом)*

Температуры (°C)	4	7	9	12	15	18	21	24
Контрольная группа (% смертности)	1	0	0	1	3	4	1	1
Поражённые (% смертности)	0	0	0	4	51	99	100	100

Holt et al. 1975

USGS
science for a changing world

Время до наступления смерти (в днях) у форели, поражённой ихтиофонозом в трёх температурных режимах

	Заражённая	Контрольная
10°C	21.6	n.d.
15°C	13.4	n.d.
20°C	10.7	n.d.

Kocan et al. 2009

USGS
science for a changing world

Потеря рыбы в реке Колумбия

- Катастрофическая потеря возврата нерки в 2015
- Мощный ход рыбы, поражённой заболеваниями во время миграции
- Очень низкий уровень воды и очень высокие температуры в начале захода
- Рыба застаивалась в омутах между плотинами среднего участка Колумбии по причине температурного барьера
- Смертность от грибка и колумнариоза
- Крупный осётр также оказался заражён
- Потеря более чем 90% некоторых стад реки Снейк

USGS
science for a changing world

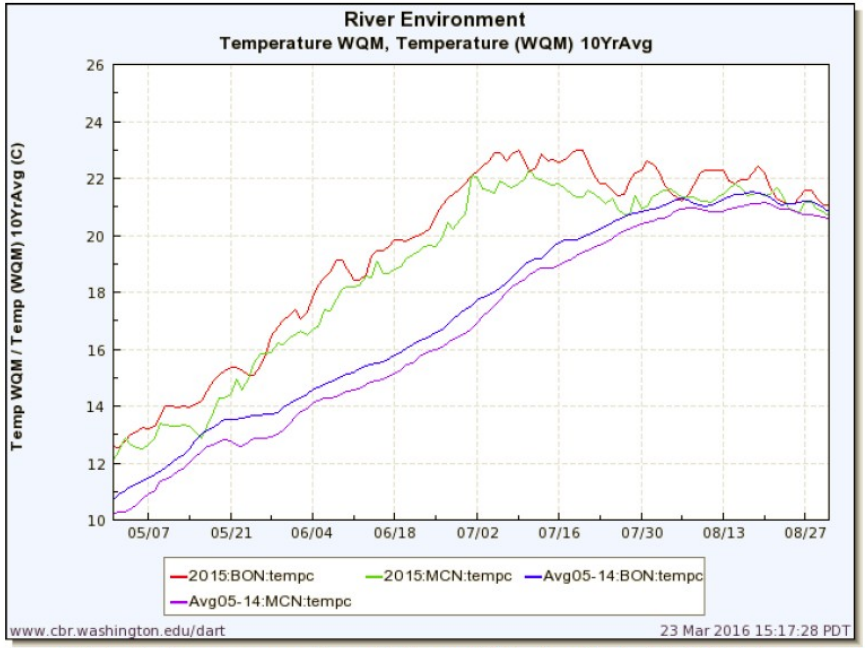


Figure 2. Columbia River temperature at Bonneville Dam and McNary Dam (forebays) in 2015 relative to the prior 10-year average.

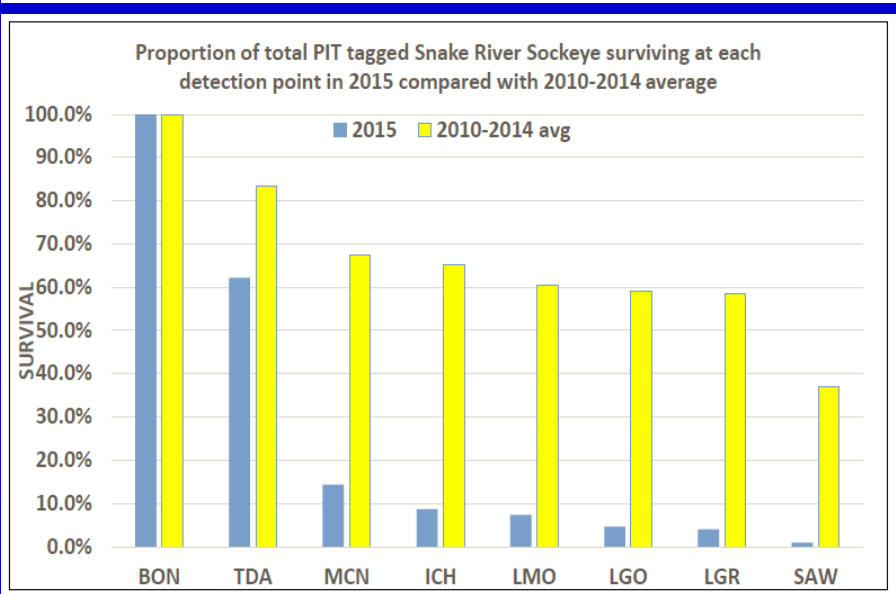


Figure 12. Proportion of total PIT-tagged Snake River sockeye salmon detected at Bonneville Dam that survived to each subsequent detection point (The Dalles, McNary, Ice Harbor, Lower Monumental, Little Goose, and Lower Granite dams and the Sawtooth Hatchery weir) in 2015 compared to average for 2010-2014. Source: PTAGIS data

USGS
science for a changing world

Внесение чужеродных видов возбудителей

- Часто это связано с государственной и частной аквакультурой или торговлей аквариумными видами рыб
  - Межграничный перенос поражённой рыбы и икры
  - Использование свежей рыбы и рыбных продуктов в качестве корма для искусственно выращиваемых видов

•Спортивная рыбалка может способствовать распространению возбудителей болезней

  - Приманка
  - Рыбацкое снаряжение

- Другие пути распространения заболеваний также важны
  - Балластовые воды
  - Проходные виды рыб

•Примеры: миксозомоз и герпесвирусы у австралийских пильчард, вирусная геморрагическая септицемия, инфекционная лососёвая анемия, весенняя виремия карпов и герпесвирусы у аквариумных декоративных карпов

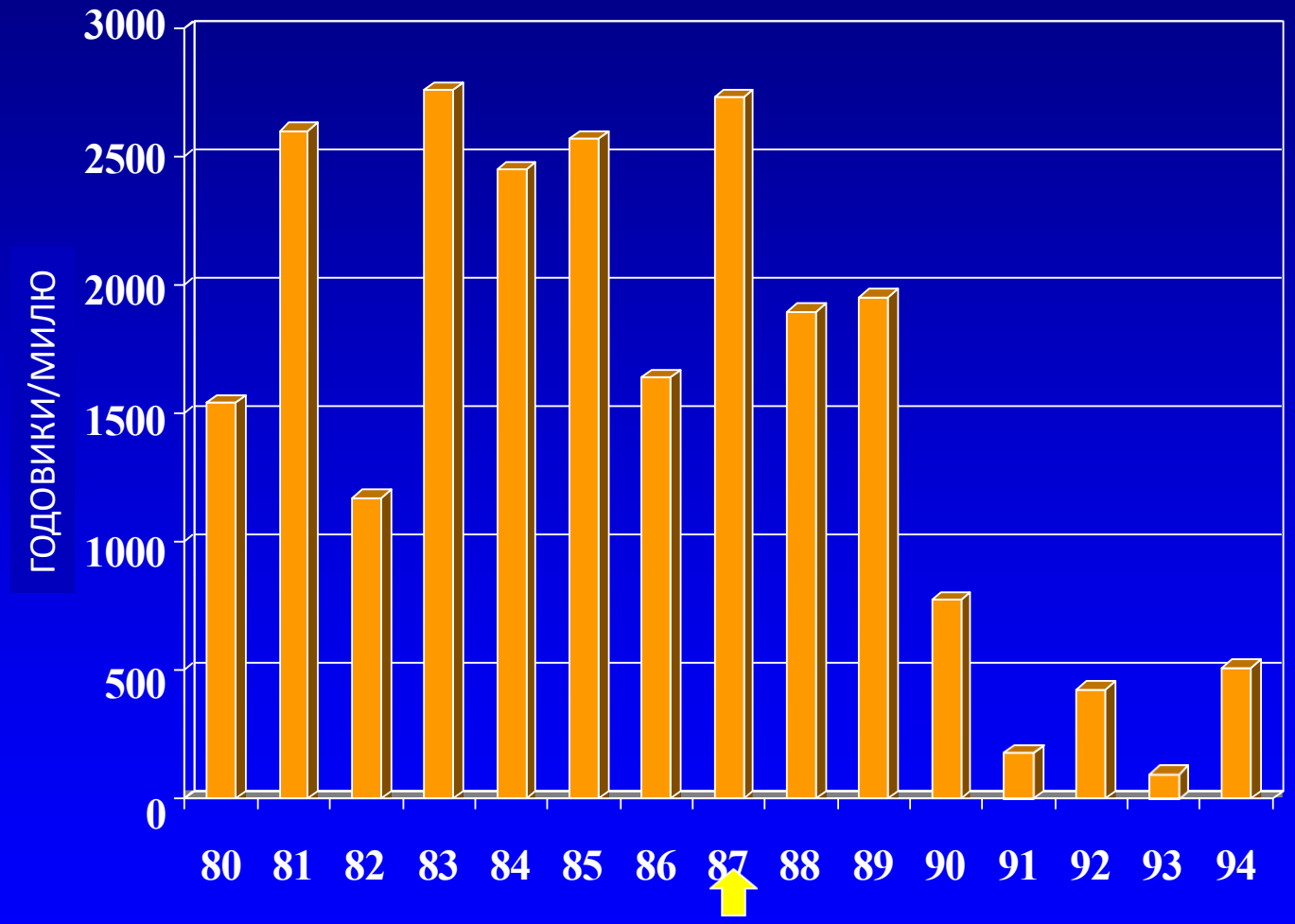
USGS
science for a changing world

Миксозомоз в реке Мэдисон, штат Монтана

Bartholomew and Wilson 2002

- Возбудитель – паразиты миксоспоридии, *Myxobolus cerebralis*
- Внесён на территорию США из Европы в 1950х годах
- К 2000 – распространился почти на половину штатов перемещением поражённой рыбы
- Разные по числу потери у естественной или местной форели (особенно радужной)
- В некоторых водоёмах западного межгорья привел к потере 90% и более
- Повышенная сопротивляемость у некоторых стад радужной форели
- Частичное выздоровление в некоторых популяциях

Сопротивляемость годовиков в реке Мэдисон (1980-1994)



Миксозомоз занесён в1987

D. Vincent, Pers. Comm.

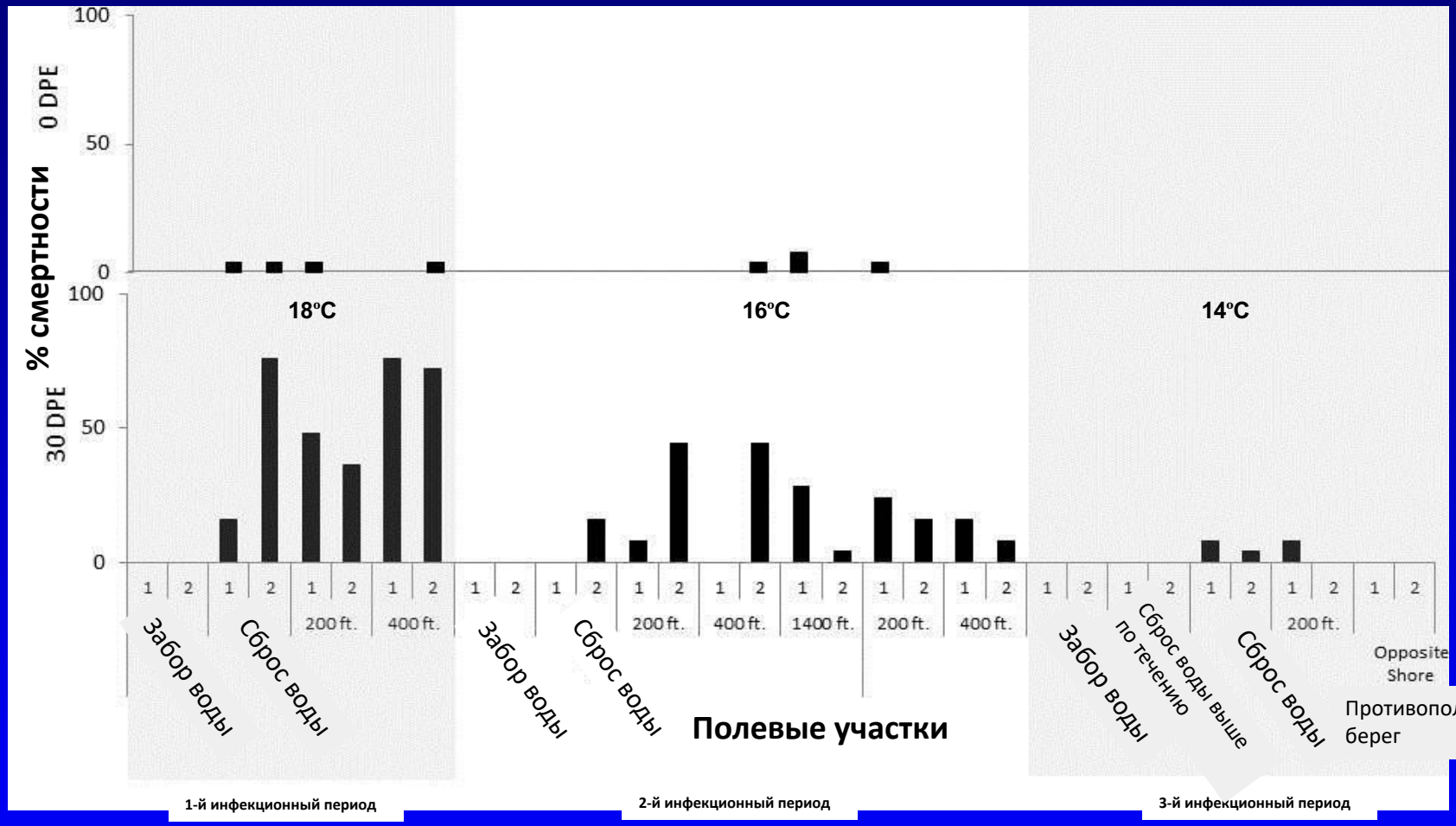
Увеличение численности эндемических возбудителей

- Имеются в виду возбудители уже содержащиеся у рыб естественного происхождения
- Поражённая в среде интенсивного искусственного воспроизводства рыба может запустить очень большие дозы возбудителей в дикую среду, что может повысить “инфекционный риск” у местных популяций
- Предприятия искусственного воспроизводства порой выпускают возбудителей в течение длительного периода времени, что влияет на разные стадии онтогенеза и что не свойственно естественной среде

Примеры: морские вши, бактериальная почечная болезнь, флексибактериоз, бетанодавирус и инфекционный некроз поджелудочной железы

USGS
science for a changing world

ЛРЗ как источники заболеваний



Смертность от инфекций *Flavobacterium columnare* в параллельных группах *Oncorhynchus tshawytscha;* рыба-индикатор подвержена инфекции на прудах Декстер в Орегоне с 13-20 сентября; 27 сентября по 2 октября; 17-24 октября, 2013.

USGS science for a changing world

Jakaitis 2014

Эволюция эндемичных возбудителей

- Длительная подверженность рыбы в условиях ЛРЗ даёт возможность возбудителям принять более опасные формы, претерпевать разные условия среды (напр. температурные) или заражать новые виды (‘смена носителя’)
- Такие, привыкшие к условиям ЛРЗ возбудители могут впоследствии ‘выплеснуться’, повышая риск заражения естественных рыб
- Природа возбудителей, условия ЛРЗ и история подверженности заболеваниям диких стад – важные факторы
- Примеры - инфекционный некроз гемопоэтической ткани, вирусная геморрагическая септицемия, ортореовирусы у рыб, столбиковая болезнь и инфекционная лососёвая анемия

USGS
science for a changing world

Двигатели эволюции возбудителей приводящие к смене носителей и повышению вирулентности

Естественные популяции

- Относительно низкая плотность
- Разные виды
- Многие годовые классы
- Разнообразие внутренней сопротивляемости
- Разные уровни иммунной защиты
- Периодичность контакта с носителями заболеваний
- Возбудитель в стабильном состоянии

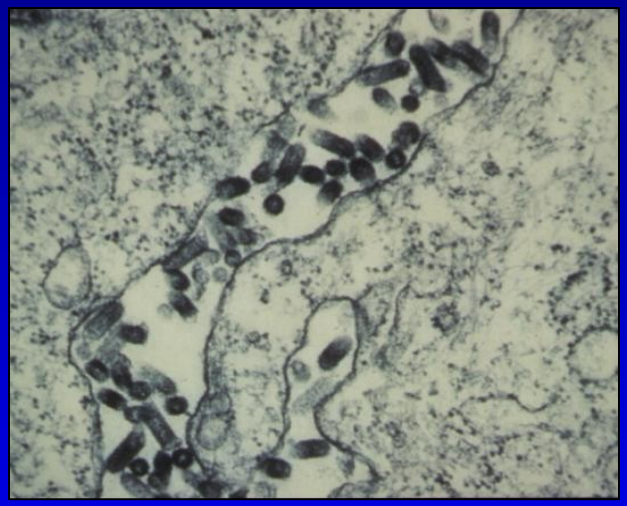
Искусственные популяции

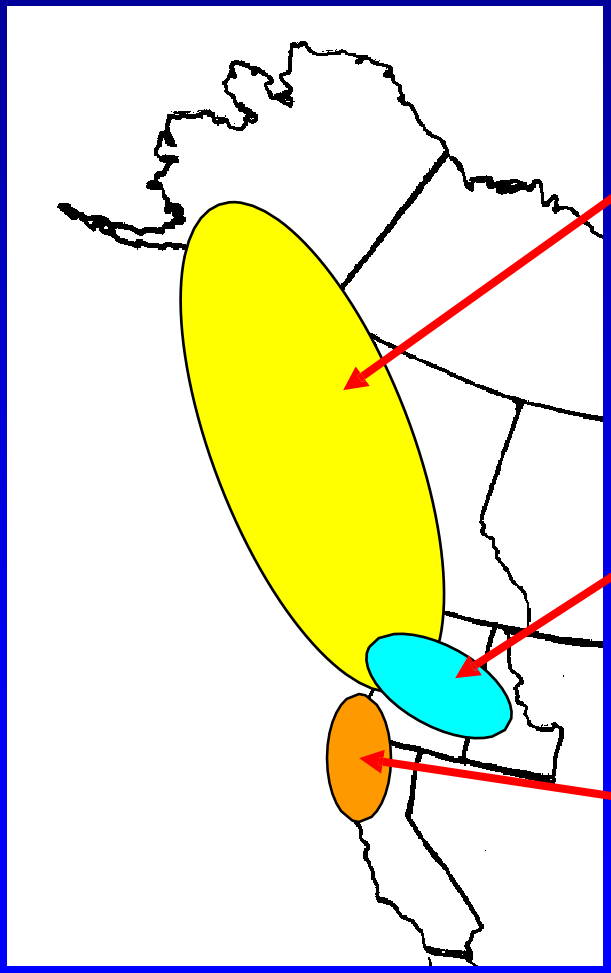
- Высокая плотность содержания
- Единичные виды и годовые классы
- Генетическая схожесть
- Частый ввод интактных животных
- Продолжительная цепочка заражения
- Нет ограничения на повышение вирулентности
- Есть возможность адаптации к новым носителям

Walker and Winton 2010
Kurath and Winton 2011

USGS science for a changing world

Эволюция возбудителей инфекционного некроза гемопоэтической ткани в условиях рыбоводного завода





U

Верхний регион - Аляска, Британская Колумбия, Вашингтон и Орегон.
В основном нерка

M

Средний регион – Долина Хагерман в Айдахо до нижнего бассейна реки Колумбия. В основном радужная и стальноголовый

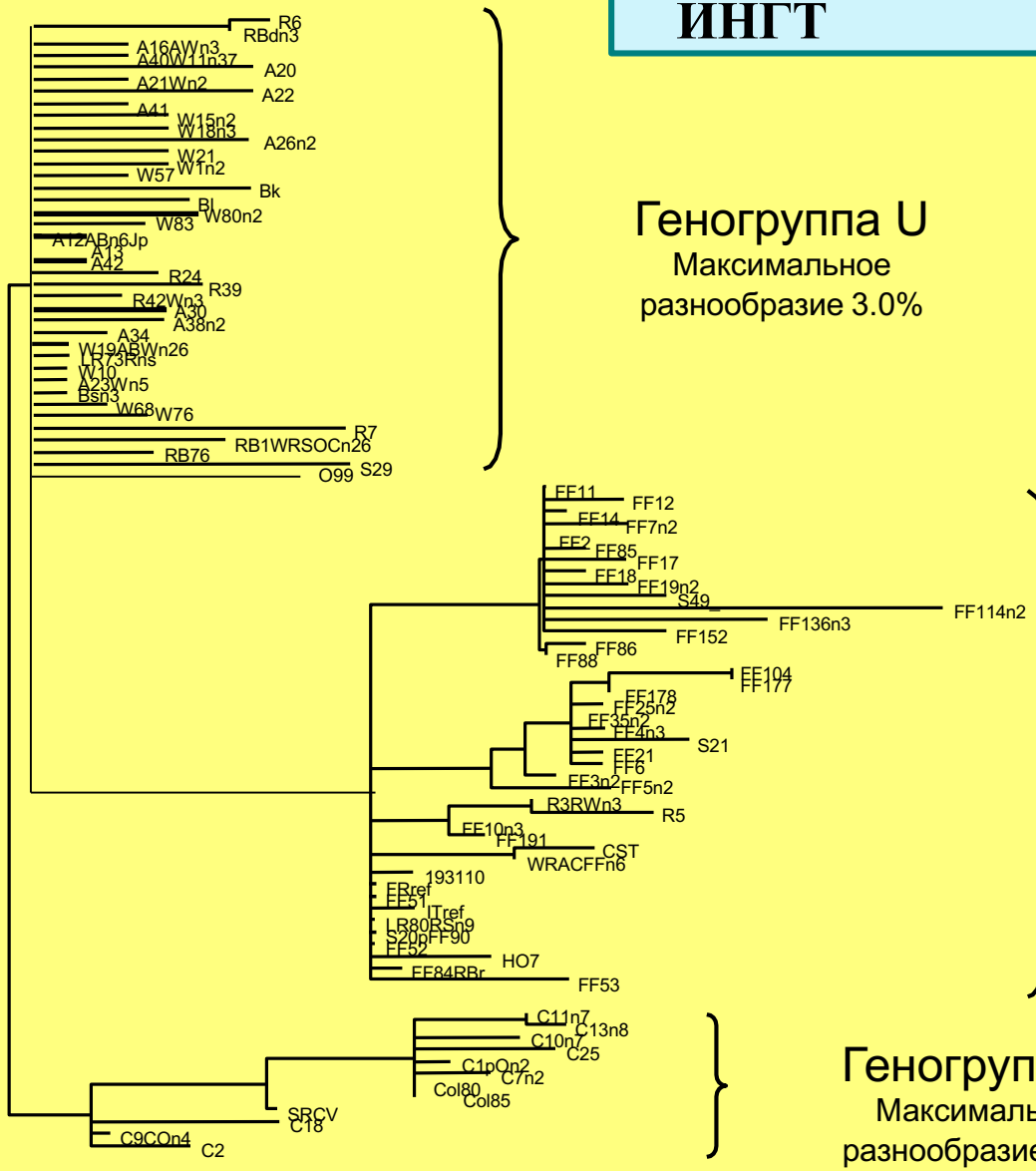
L

Нижний регион- Бассейн реки Сакраменто, прибрежные реки северной Калифорнии и южного Орегона.

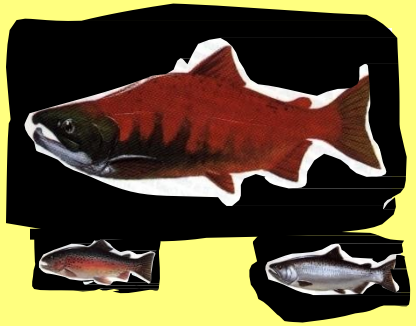
В основном чавыча

USGS
science for a changing world

Филогенез вируса ИНГТ



Геногруппа U
Максимальное разнообразие 3.0%

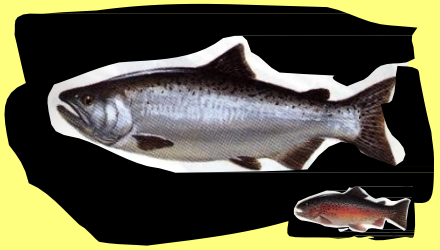


Нерка,
чавыча, стальноголовый

Геногруппа M
Максимальное разнообразие 7.6%

Радужная форель,
стальноголовый, чавыча

Геногруппа L
Максимальное разнообразие 3.3%



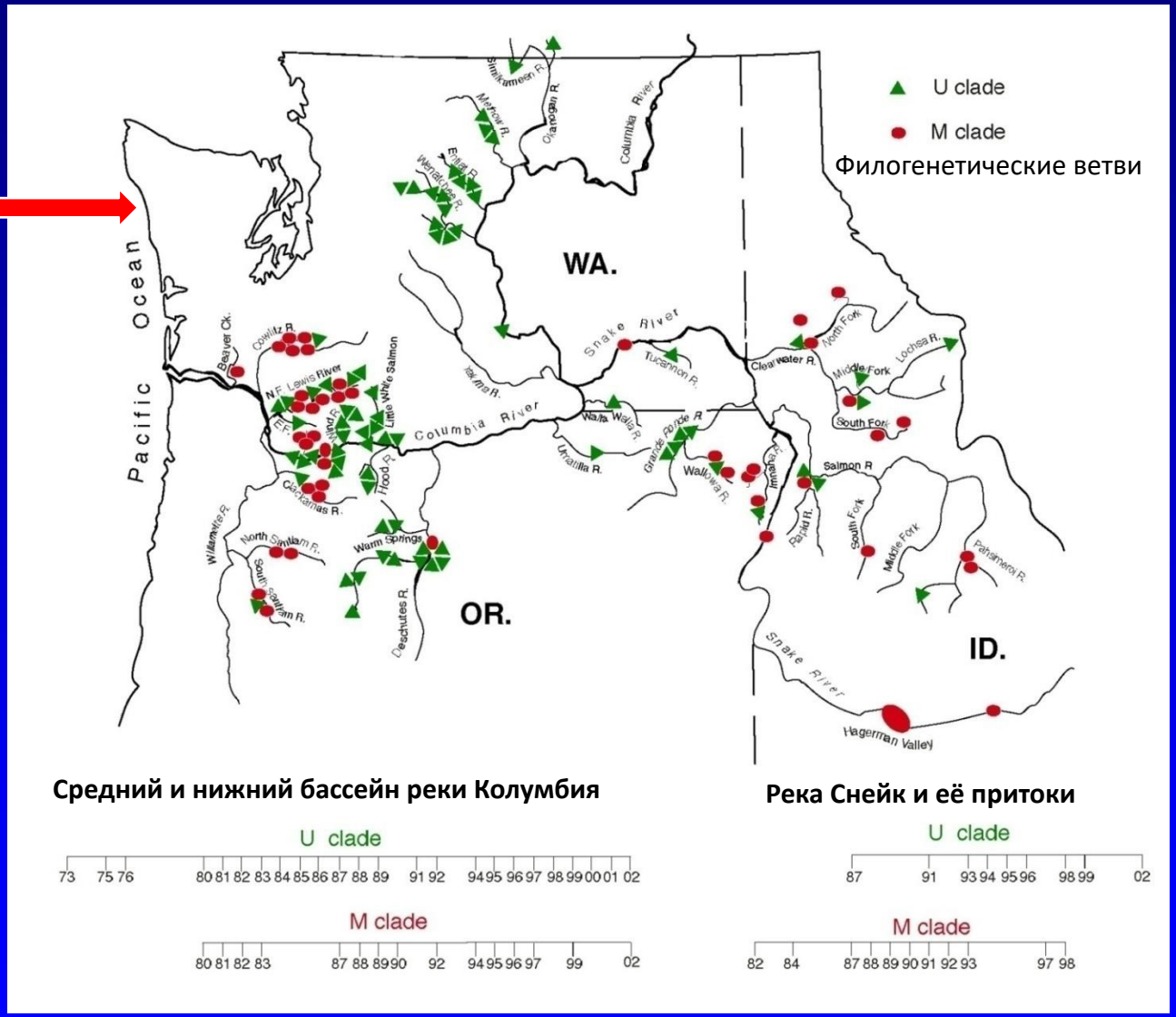
чавыча, стальноголовый

USGS
science for a changing world

Вирус ИНГТ в бассейне реки Колумбия

2007-2011 –Геногруппа M вируса ИНГТ появляется в ЛРЗ и у диких особей стальноголовых на побережье Вашингтона

Breyta et al. 2013



● Вирус группы M

▲ Вирус группы U

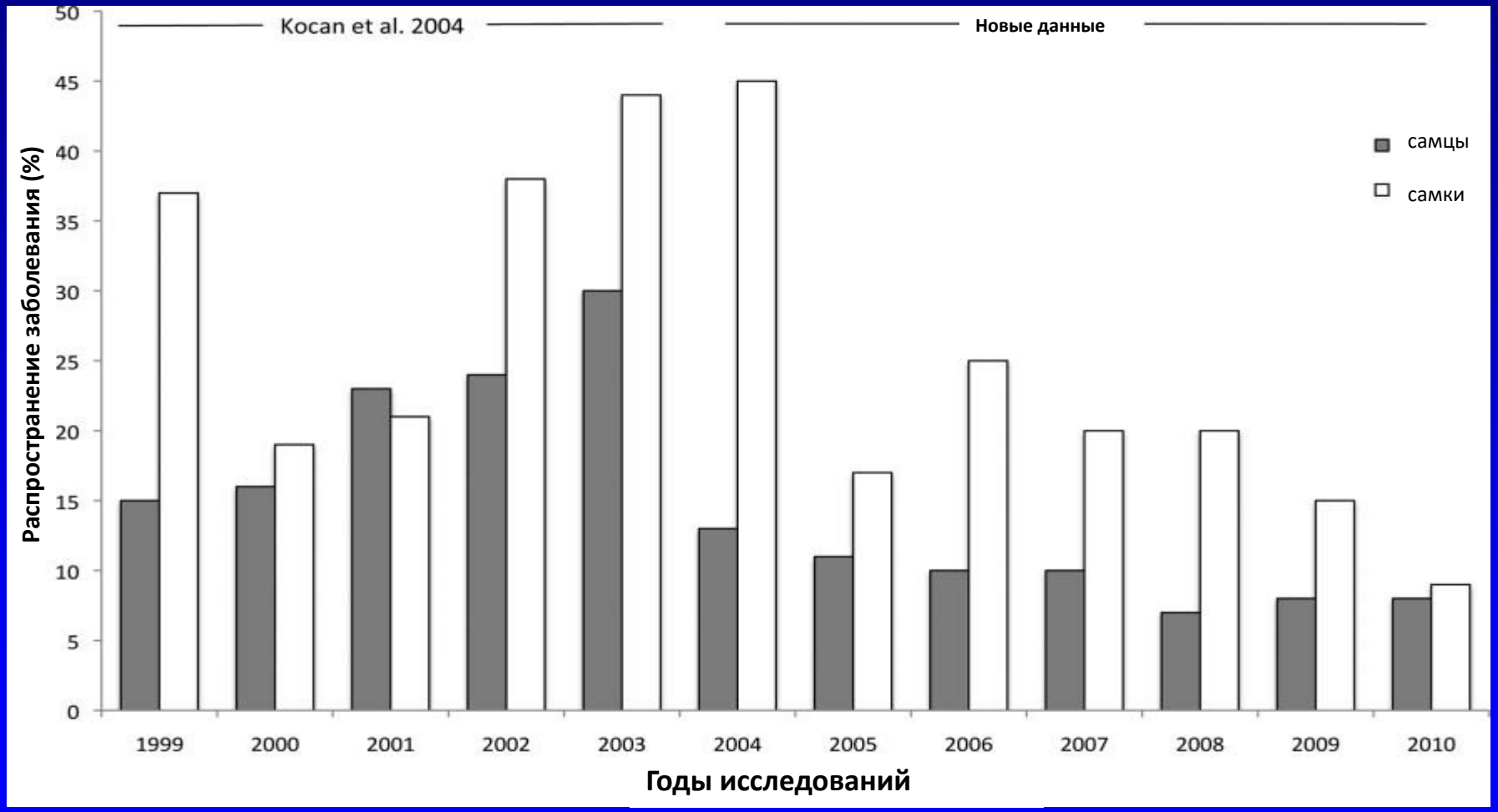
Garver et al. 2004

Изменения в пищевой цепочке

- Промышленные рыбные хозяйства, заболевания, инвазивные виды, изменения условий среды обитания и изменения климата могут истощить запасы кормовых видов или изменить пищевую цепочку
- Смена кормовой базы может изменить пути контактирования с возбудителями болезней
- Смена кормовой базы может изменить специфику устойчивости к заболеваниям, связанную с пищевыми факторами
- Примеры: ихтиофоноз у чавычи, недостаток тиамина в Балтийском море и Великих озёрах

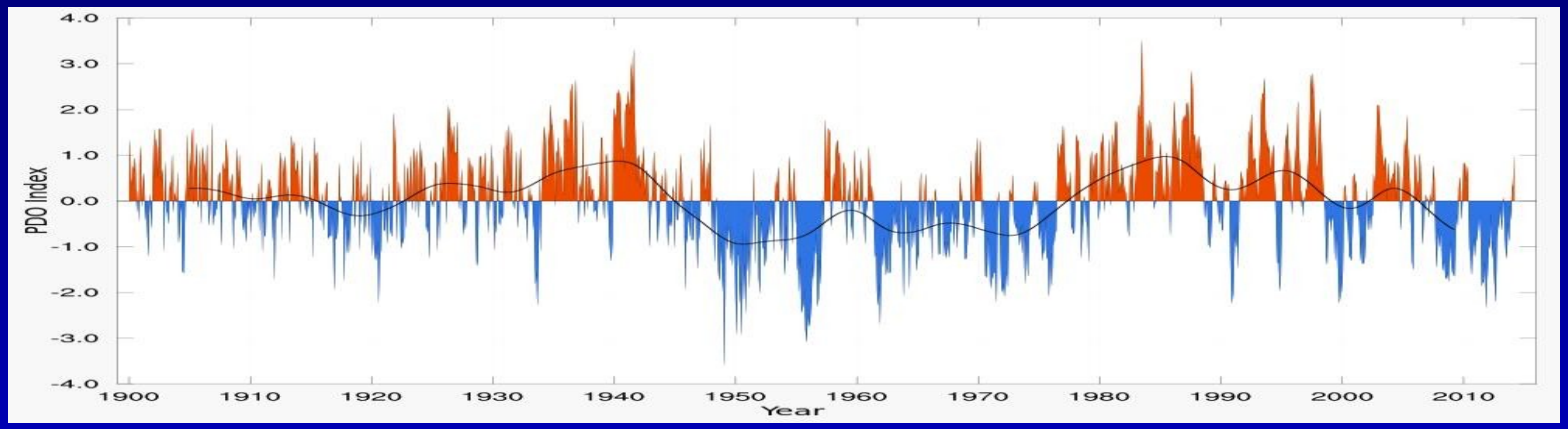
USGS
science for a changing world

Заболеваемость ихтиофонозом в среднем течение реки Юкон 1999-2010



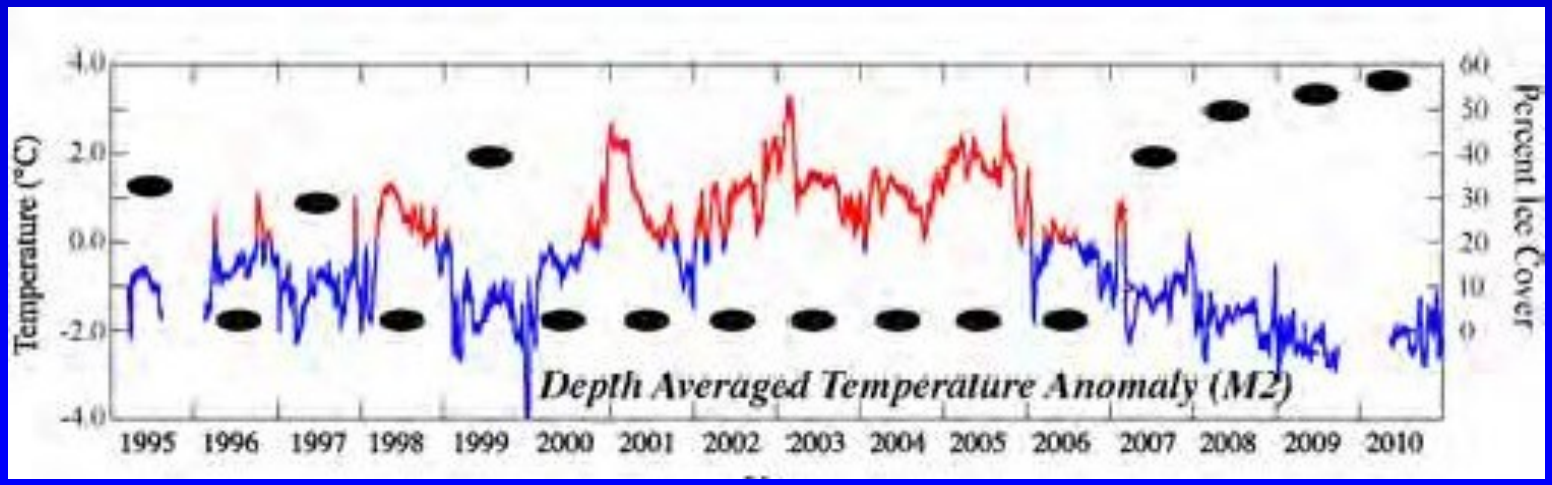
Zuray et al. 2012

Тихоокеанские декадные колебания 1900-2014



http://jisao.washington.edu/pdo/

Температуры в Беринговом море 1995-2010



Процент обледенения

Napp 2011

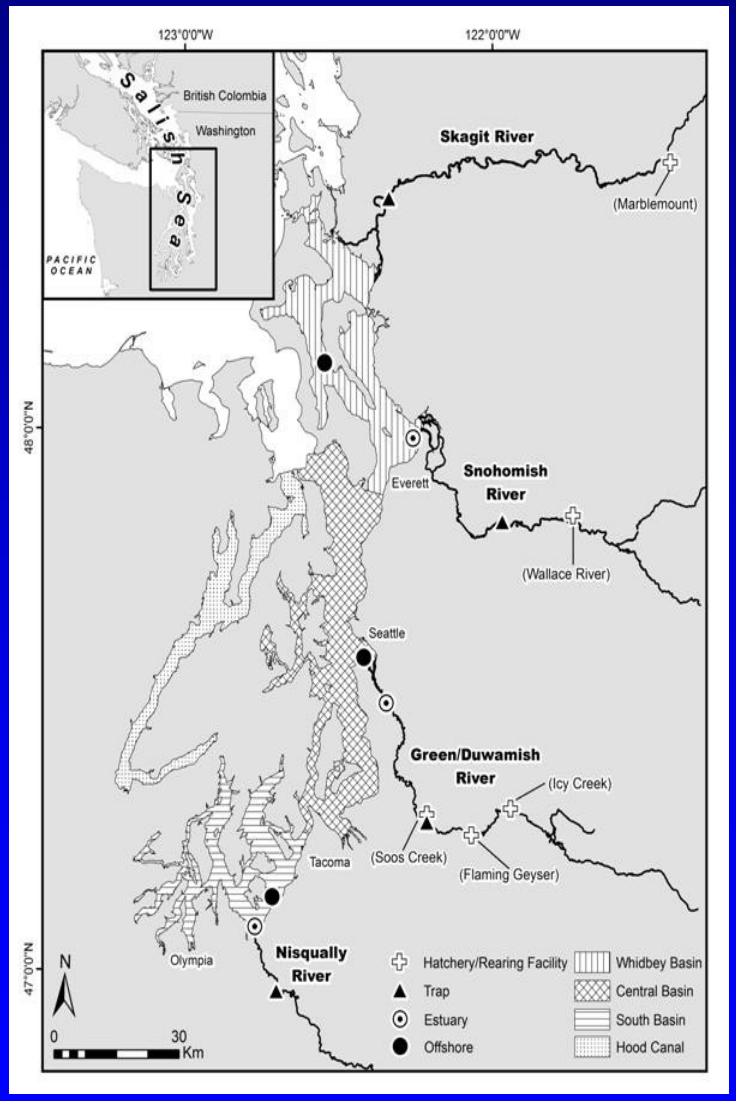
USGS
science for a changing world

Проникновение загрязнителей в экосистемы

- Сточные воды из городов, сельскохозяйственных или промышленных зон могут негативно повлиять на здоровье естественных особей или повысить уровень стресса
  - Ввод химикатов (токсин, лекарственных препаратов, антибиотиков, углеводородов)
  - Повышенная нагрузка питательными веществами (нарост водорослей, низкое содержание растворённого кислорода)
  - Изменение температур (термальные стоки)
- Некоторые соединения являются эстрогенными или иммуноподавляющими и могут воздействовать на здоровье и функции иммунитета у водных организмов
  - Эстрогенные соединения – перестройка репродуктивных и иммунных функций
  - Металлы, гербициды, пестициды – прямое токсическое воздействие, подавление иммунитета
- Наиболее вероятно в системах с большим загрязнением и маленьких водосборных бассейнах
- Примеры: Чесапикский залив, Великие озёра, залив Пьюджет Саунд

USGS science for a changing world

Воздействие загрязнителей в заливе Пьюджет-саунд, штат Вашингтон



- Пьюджет-саунд получает в свои воды сложный коктейль стоков из городов, промышленности и аграрного комплекса
- Рыба из определённых зон содержит в своём организме повышенные уровни загрязнителей и имеет повышенный риск заболеваемости
- Многие из найденных соединений показали воздействие на функции иммунной системы и повышение риска заболеваемости у лосося

Arkush et al. 2015
Chen et al. 2018

Занесение и распространение инвазивных видов

- Чужеродные виды могут быть источником внедрения в экосистему новых возбудителей болезней
- Чужеродные виды могут преумножить распространение эндемичных возбудителей
- Инвазивные виды могут стать резервуаром для инфекций
- Примеры: американский шэд, серебряный карась и бычки

USGS
science for a changing world

Распространение американского шэда в реке Колумбия 1938 - 2011

- Американский шэд был занесён в Калифорнию в 1871 и распространился на север
- В реке Колумбия шэд быстро увеличивал численность до тех пор, пока не превысил численность лосося
- Шэд служит резервуаром ихтиофоноза и представляет для тихоокеанских лососей потенциальный риск инфицирования

Hershberger et al 2009

USGS science for a changing world

Вывод

- Болезни у естественных особей рыб протекают в контексте других факторов
  - Повышение температур в связи с изменением климата
  - Расширение государственной и частной аквакультуры
  - Проникновение в среду загрязнителей, возбудителей и токсинов
  - Потеря среды обитания
  - Промышленный промысел
  - Инвазивные виды
- Многие из этих факторов могут совокупно привести к возникновению у водных организмов новых заболеваний
- Необходимы исследования на предмет воздействия этих факторов на коэффициент естественной смертности у диких стад

USGS
science for a changing world

Спасибо!

USGS
science for a changing world