

БОЛЕЗНИ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.553.2-169

**СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ ПРЕВАЛЕНТНОСТИ
ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА
ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ (IHNV)
В КАМЧАТСКИХ ПОПУЛЯЦИЯХ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA*
(SALMONIFORMES, SALMONIDAE)**

© 2013 г. С. Л. Рудакова, Е. В. Бочкова

*Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Петропавловск-Камчатский, 683600*

Статья поступила в редакцию 27.07.2012 г.

Окончательный вариант получен 03.04.2013 г.

Показано, что для достоверной оценки эпизоотического благополучия водоема в отношении вируса инфекционного некроза гемopoэтической ткани IHNV отбор проб необходимо проводить от половозрелых рыб с учетом разделения популяции на сезонные расы и в конце их переста. Ранняя раса нерки вносит нестабильность в значения превавалентности этого вируса. Среднепогодезные значения превавалентности IHNV у нерки в оз. Азаба-чье (0,16) достоверно ниже, чем в озерах Курильское (0,41) и Начикинское (0,32). Тенденции к увеличению встречаемости IHNV во времени не обнаружены.

Ключевые слова: нерка, Камчатка, вирус инфекционного некроза гемopoэтической ткани, мониторинг, эпизоотология.

ВВЕДЕНИЕ

В России большинство паразитологов придерживаются классической схемы исследований (Догель, 1958, 1962; Бауер, 1959), которая включает определение видового состава паразитов, расчет встречаемости (% заражения), индексов обилия и интенсивности заражения. Такой подход оправдан для изучения инвазий и позволяет интерпретировать полученные результаты при решении определенных задач. В последние годы параллельно этому направлению в паразитологии стали применяться методические подходы, заимствованные из экологии, что позволило оценить биологическое разнообразие паразитических организмов рыб на индивидуальном и популяционном уровнях, создать модели, описывающие распределение обилия видов (Ройтман, Лобанов, 1985; Пугачев, 1999; Болопсв, Пронин, 2000; Доровских, 2002; Русинск, 2007; Испко, Павлов, 2008). Однако при изучении инфекций, вызываемых, как правило, одним патогеном, эти методы зачастую неприменимы.

При проведении прикладных рыбохозяйственных исследований большое практическое значение для оценки и корректировки общего допустимого улова (ОДУ) и возможного вылова (ВВ) имеет достоверная оценка флуктуации естественной смертности в популяциях гидробионтов. Отдельные патогены например вирус инфекционного некроза гемopoэтической ткани (IHNV), способны приводить к гибели более 50% популяции хозяина, вызывая вспышки особо опасных («декларируемых») болезней. Перечень таких болезней представлен в документах

Международного эпизоотического бюро (МЭБ) (Aquatic Animal Health Code, 2012), а в России утвержден приказом Минсельхоза РФ № 62 от 9 марта 2011 г. Информация о встречаемости этих патогенов должна контролироваться как на российском, так и на международном уровнях. В международной практике при изучении болезней в популяции ключевым является понятие «превалентность», под которым подразумевают частоту какого-либо события (например, выделение IHNV) в данной популяции, выраженную в долях единицы или процентах (Дудников, 2005). В России этот термин уже широко используется в медицине и ветеринарии, а также постепенно распространяется в ихтиопатологии, что связано с необходимостью гармонизации эпизоотологических/эпидемиологических исследований в рамках требований МЭБ, ФАО и ВТО.

Оценка эпизоотической обстановки в водоемах, включая мониторинговые исследования по изучению распространения вирусов в популяциях рыб, является весьма актуальной во всем мире, при этом методические подходы часто заимствуются из медицины и ветеринарии (эпидемиология/эпизоотология) (Bootland, Leong, 1999). В России эпизоотологические исследования вирусов рыб отрывочны и, как правило, не дают четких представлений о трендах в пре-валентности того или иного патогена как на местном, так и на региональном уровнях. Чаще всего оценка эпизоотической обстановки носит описательный характер: в таком-то водоеме или рыбноводном хозяйстве в такой-то год были выделены такие-то вирусы (Shchelkunov, 2001; Пичугина, 2004; Щелкунов, 2006; Щелкунов и др., 2007). Необходимо переходить от описательных работ к количественному эпизоотологическому анализу данных, что подразумевает четкое планирование работ на основе знаний биологии и динамики численности обследуемого вида рыб, особенностей патогена и гидрологического режима изучаемого водоема.

Результаты наших работ показали, что в нерестово-выростных озерах Камчатки (бассейн рек Большая, Камчатка и Озерная) в популяциях нерки существует естественный очаг опасного патогена IHNV (Рудакова, 2003, 2008, 2010; Rudakova et al., 2007). В 2003 и 2006 гг. зафиксированы вспышки заболевания ИН (инфекционного некроза гемопоэтической ткани) у молоди нерки в оз. Начикинское (Рудакова, 2010). ФГУП «КамчатНИРО» накоплен большой опыт проведения мониторинговых ихтиовирусологических работ, в результате чего создана база данных превалентности IHNV в популяциях нерки в водоемах Камчатки.

Цель работы – провести сравнительный анализ превалентности IHNV в популяциях половозрелой нерки в водоемах Камчатки в межгодовом и межпопуляционном аспектах с применением методов количественной эпизоотологии/эпидемиологии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 2003–2011 гг. проводили вирусологическое обследование нерки. Осуществляли отбор материала от половозрелых особей из нерестово-нагульных озер Начикинское, Азабачье, Курильское. Всего обследовали 1825 экз. рыб.

Половозрелую нерку отлавливали сетью во время нереста. Отбор проб в озерах Начикинское и Азабачье проводили два-три раза, чтобы проследить превалентность IHNV ранней и поздней рас нерки и выявить их особенности. В первом

водосме рыб отлавливали на нерестилище в районе Гришкиного ручья, так как именно в этом месте в 2003 г. обнаружили молодь нерки, зараженную IHNV (РудакOVA, 2010). Во втором – в июле у р. Бушуйка, а в конце августа – начале сентября на озерном нерестилище в 300 м от наблюдательного пункта КамчатНИРО.

В оз. Курильское нет четкого разделения популяции нерки на позднюю и раннюю, однако нерест рыб сильно растянут во времени, поэтому первоначально пробы отбирали до шести раз в год из разных мест (в районе р. Гаврюшки, бухты Северная, на нерестилище в истоке р. Озерная). Вирусологическому исследованию предшествовало изучение клиники и патологоанатомического состояния внутренних органов, а также определение основных биологических показателей (длины и массы тела) рыб. Отбор материала из популяции осуществляли по лотам (партиям). Под лотом (партией рыб) понимали группу рыб в популяции, имеющих одинаковое происхождение и общий источник водоснабжения.

У половозрелых особей органы (почки, селезенка) и овариальную жидкость отбирали индивидуально непосредственно на месте вылова и транспортировали в пробирках в лабораторию.

Для выделения, идентификации и расчета титра вируса использовали традиционные вирусологические методы: заражение материала на перевиваемой линии клеток ЕРС (эпидермальные новообразования большого осеой карпа *Cyprinus carpio*), а также реакции нейтрализации и титрования по Риду и Менчу (Мусселиус, 1983; Яременко, 1998).

Объем выборки рассчитывали по таблице, в которой сведены оценки, полученные по формуле Кэннона-Рое (Дудников, 2005). При этом исходили из того, что численность популяции нерки в обследованных озерах больше 10000 экз., превалентность вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани не ниже 5–10% и уровень значимости 5%.

Титры вируса IHNV (\lg ТЦД₅₀/мл тестируемого материала), выделенного от половозрелой нерки из нерестовых озер Камчатки в 2003–2011 г.

The IHNV titers (\lg TCD₅₀/ml of material), isolated from adult sockeye from spawning Kamchatka Lakes in 2004–2011

Год	Средний титр (\lg ТЦД ₅₀ /мл)		
	оз. Начикинское	оз. Курильское	оз. Азабачье
2004	7,7	8,3	7,6
2005	7,4	6,4	8,2
2006	7,9	7,7	7,4
2007	8,7	8,7	8,3
2008	8,6	7,9	7,6
2009	5,1	6,5	7,8
2010	7,9	7,4	7,2
2011	8,1	7,4	7,3
Среднепоголетний	7,6	7,5	7,6

Превалентность (P) рассчитывали по формуле (Власов, 2004):

$$P = D/n, \quad (1)$$

где D – число особей, у которых выделили IHNV, n – число обследованных особей.

Для того чтобы обозначить пределы, в которых можно доверять полученной выборочной оценке, вычисляли «доверительный интервал» (ДИ). Использовали ДИ, в котором значение для генеральной совокупности находится с вероятностью 95%, а вероятность ошибки того, что популяционная частота находится за пределами данного интервала, 5%. Вычисление границ ДИ для бинарного признака находили по специальным таблицам (Дудников, 2005).

Рассчитывали превалентность IHNV в популяции нерки отдельно по годам для каждого водоема (P), а также среднееголетнюю превалентность IHNV в популяции нерки каждого озера (P_p) в исследуемый промежуток времени:

$$P_p = D_p/n_p, \quad (2)$$

где D_p – число особей, у которых выделили IHNV за весь период исследования в водоеме, n_p – число обследованных особей за этот же период.

При наличии рас в изучаемой популяции нерки P_p рассчитывали отдельно для каждой расы и в целом для популяции.

Провели сравнение относительной частоты (P) превалентности IHNV в изучаемых популяциях в определенный год с популяционным (среднееголетним) значением (P_p). Для решения этой задачи использовали метод сравнения ДИ для выборочной относительной частоты с популяционным значением (попадает ли популяционное значение точечной оценки превалентности в границы вычисленного ДИ для конкретного исследования, например, в определенный год) и/или рассматривали, перекрываются ли ДИ для выборочного и популяционного значения. Если не попадает и не перекрываются, то считали, что выборка статистически значимо отличается от популяции.

Проверку гипотез о совпадении среднееголетних значений превалентности IHNV для обследованных озер проводили с использованием критерия χ^2 (STATISTICA 6.0). Регрессионный анализ и построение графиков проводили в программе EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выделить IHNV у молоди в естественных водоемах очень сложно по ряду причин: больные рыбы становятся легкой добычей хищников, сносятся течением, вспышки заболевания носят точечный характер, массовая гибель ограничена во времени. Кроме того, на водоеме сложно обеспечить постоянные ежедневные или хотя бы еженедельные наблюдения по всей его акватории. Однако в период нереста происходит резкое размножение вируса в организме носителей и активный выход его во внешнюю среду с половыми продуктами, слизью и т.д., а затем и при разложении погибших после нереста рыб. Таким образом, в водоеме происходит передача IHNV от родителей потомству через икру или через воду сеголеткам предыдущей генерации, которые являются наиболее чувствительными к патогену (Bootland, Leong, 1999). В результате вспышек заболевания наблюдается гибель молоди, масштабы которой зависят от многих биотических и абиотических факто-

ров и с трудом поддаются количественной оценке (Рудакова, 2009). Поэтому контроль эпизоотической обстановки в озерах и реках в отношении IHNV лучше всего проводить на основании регулярного отбора проб у половозрелых рыб, которые на этой стадии жизненного цикла являются лишь асимптоматическими носителями патогена.

У половозрелых рыб в обследованных озерах кожа, слизистые оболочки рта, глаза, чешуя не имели признаков выраженной патологии, то есть внешне они были здоровыми. Количество особей, травмированных морским зверем, не превышало 3%. При вскрытии выраженных изменений во внутренних органах также не обнаружили.

Вирусологическое тестирование показало наличие па перевиваемых линиях клеток признаков цитопатического эффекта (ЦПЭ) у половозрелой нерки во всех обследованных водоемах во все годы исследования. В реакции нейтрализации выделенные агенты были идентифицированы как IHNV. Индекс нейтрализации во всех случаях был выше 50. Превалентность IHNV варьировала в зависимости от даты отбора проб и года исследований в разных водоемах по-разному.

Расчет среднеемноголетнего значения превалентности IHNV в озерах проводили по формуле:

а) оз. Курильское: $P_k = 114/279 = 0,408 \approx 0,41$

Рассчитывали по последним в году датам отбора проб и только для нерестилища в истоке р. Озерной без учета рас. Доверительный интервал составляет от 0,24 до 0,59;

б) оз. Начикинское:

ранняя раса – $P_{r''} = 76/244 = 0,311 \approx 0,31$, доверительный интервал составляет от 0,26 до 0,36;

поздняя раса – $P_{p''} = 74/242 = 0,306 \approx 0,31$, доверительный интервал составляет от 0,26 до 0,36;

без учета рас – $P_{u''} = 150/486 = 0,309 \approx 0,31$, доверительный интервал составляет от 0,26 до 0,36;

в) оз. Азабачье:

ранняя раса – $P_{r''} = 13/180 = 0,072 \approx 0,07$, доверительный интервал составляет от 0,01 до 0,15;

поздняя раса – $P_{p''} = 60/251 = 0,239 \approx 0,24$, доверительный интервал составляет от 0,16 до 0,32;

без учета рас – $P_{u''} = 73/431 = 0,169 \approx 0,17$, доверительный интервал составляет от 0,11 до 0,24.

Для определения вирулентности выделенных агентов провели количественное определение содержания IHNV в «+»-образцах путем титрования по Риду–Менчу на культуре клеток ЕРС. Значения титров вируса колебались от 5,1 до 8,7 $\lg \text{TCID}_{50}/\text{мл}$ тестируемого материала (таблица) и были выше эпизоотически значимого уровня (не ниже 5 $\lg \text{TCID}_{50}/\text{мл}$). Статистический анализ показал, что среднеемноголетняя вирулентность патогена в популяциях нерки в озерах Начикинское, Курильское и Азабачье статистически достоверно не отличается, и в любом из этих водоемов может произойти вспышка IHNV, при которой смертность молоди нерки будет зависеть от совокупности факторов риска.

Проведем количественный анализ эпизоотической обстановки в отношении IHNV в изучаемых нагульно-перестовых озерах Камчатки, принимая в расчет особенности водоема и местной популяции рыб.

Оз. Курильское расположено в бассейне р. Озерная и является ее истоком (юго-западное побережье Камчатки). Это самый экономически важный водоем на всем азиатском побережье северной Пацифики. В его бассейне воспроизводится крупное стадо нерки, которое в отдельные годы занимает второе место (после р. Камчатка) по численности этого вида в Азии (Бугаев, Кириченко, 2008). По современным данным (Варпаевская, 2006), нерка р. Озерная имеет две сезонные расы, но численность ранней обычно очень низкая – 1,9% (материалы Остроумова А.Г. – цит. по: Бугаев, 1995). Поэтому мы проводили исследования только поздней расы нерки в бассейне оз. Курильское.

Нерест нерки в бассейне оз. Курильское (наиболее продолжительный в Азии) начинается в начале – середине июля и продолжается до конца января – начала февраля, при этом массовый нерест отмечают с сентября по ноябрь (Бугаев, 1995; Бугаев, Кириченко, 2008).

По визуальным наблюдениям Остроумова (1970) с самолета и данным аэрофотосъемок (1961–1968 гг.), общая перестовая площадь нерки в бассейне оз. Курильское достигает 1055 тыс. м², в том числе озёрные нерестилища занимают около 755 (71%), речные – 270 (26%) и ключевые – 30 тыс. м² (3%). Поэтому изначально особое внимание уделяли обследованию рыб на нерестилищах первых двух типов. Так как для вирусологических исследований необходимо проводить отбор проб от рыб с текущими половыми продуктами или отнерестившихся особей (Wolf, 1988), а нерест на разных нерестилищах происходит в разное время, то в первые годы исследований были проведены рекогносцировочные отборы проб от рыб у р. Гаврюшка, в бухте Северная и у истока р. Озерная в районе расположения Озерновского наблюдательного пункта ФГУП «КамчатНИРО» (нерестилище «баня») (рис. 1а).

Дисперсионный анализ данных для оз. Курильское показал достоверное влияние срока проведения исследований (июль–ноябрь) и места отбора проб на значение *P*. Поэтому при расчете среднееголетнего значения превалентности IHNV для популяции нерки этого озера использовали значения, полученные при последних отборах проб (сентябрь–октябрь) в каждом исследуемом году и только на одном реперном нерестилище. По озерам Начикинское и Азабачье также были взяты только данные о последних в году отборах проб у ранней и поздней рас нерки отдельно, они и использовались в работе.

По литературным данным, превалентность патогена увеличивается к концу нереста (Bootland, Leong, 1999) и необходимо оценивать ее максимальные значения в конкретный перестовый период, чтобы иметь правильное представление об эпизоотической ситуации в каждый год исследования и возможность проводить сравнения в межгодовом аспекте.

Расчеты показали, что за 8 лет исследований (2004–2011 гг.) средняя популяционная превалентность вируса в оз. Курильское составила 0,41 в долях от единицы (рис. 2). В 2009 г. значение *P* было достоверно выше, а в 2011 г. – ниже среднего для популяции, так как ДИ для выборочного и популяционного значения *P* не перекрываются. Следовательно, выборки 2009 и 2011 гг. статистически значи-

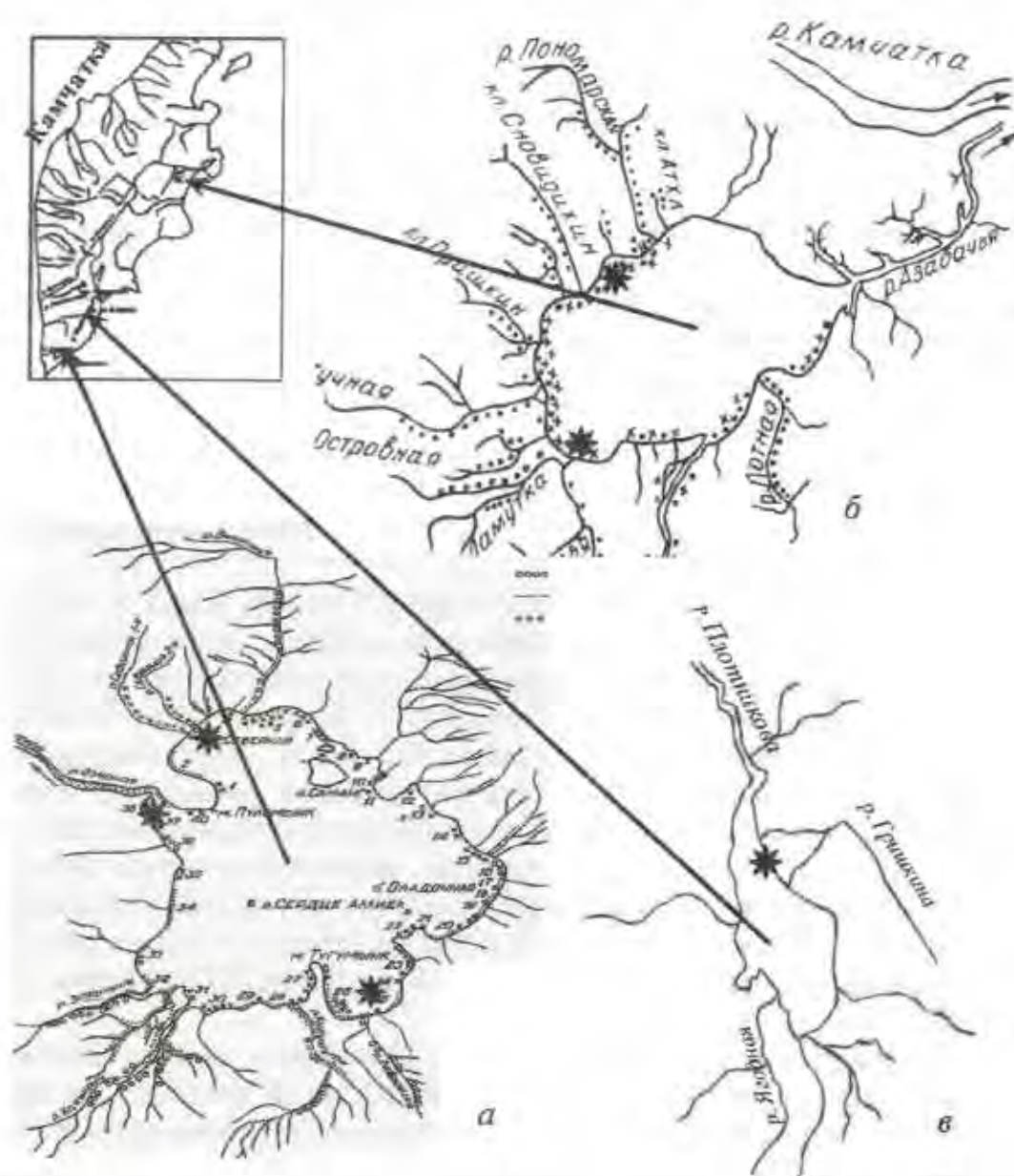


Рис. 1. Карта-схема нерестово-нагульных озер Камчатки: *а* – Азабачье, *б* – Курильское, *в* – Начикинское. Звездочками обозначены места отбора проб.

Fig.1. Schem of spawning Kamchatka Lakes: *a* – Lake Azabachic, *б* – Lake Kurilskoe, *в* – Lake Nachikinskoe. Stars are sampling places.

мо отличаются от среднего значения по популяции. Причины данных выбросов мы планируем изучить в ближайшее время.

Оз. Азабачье – наиболее важный нагульно-нерестовый водоем нерки в бассейне р. Камчатка (Бугаев, Кириченко, 2008). Это третье по величине акватории пресное озеро полуострова Камчатка, соединено с р. Камчатка протокой Азабачья (рис. 1 Б). В озере воспроизводятся ранняя и поздняя сезонные расы нерки. Наиболее многочисленна ранняя – она составляет в среднем около 70%, а поздняя – 30%. Ранняя нерестится в июле-начале августа, поздняя – во второй половине августа,

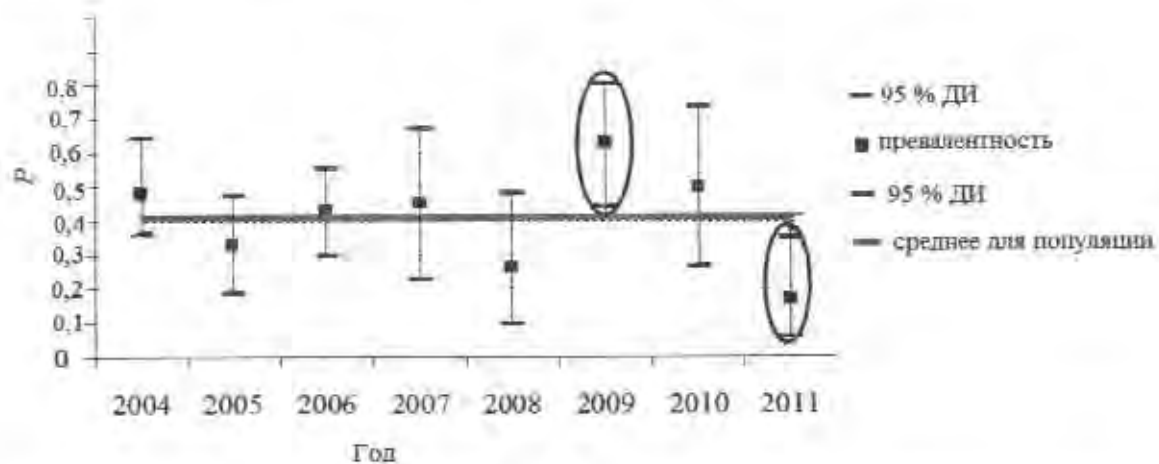


Рис. 2. Ежегодная (P) и среднемноголетняя (P_n) prevalence вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани у нерки в оз. Курильское. Овалами выделены значения P , статистически достоверно отличающиеся от среднемноголетнего.

Fig. 2. Annual (P) and average annual (P_n) prevalence of infectious hematopoietic necrosis virus from sockeye salmon in Lake Kurilskoe. The ovals have marked out values (P) significantly distinguished from average annual values.

сентябре (Бугаев, 2011). Поэтому отбор проб на вирусологические исследования проводили отдельно для разных рас нерки. На рисунке 3 видно, что существуют заметные различия в среднепопуляционных значениях prevalence для ранней расы ($P_r = 0,07$) и поздней ($P_n = 0,24$). Стоит отметить, что у нерки ранней расы вирус был выделен всего дважды в 2009 и 2010 гг., что и повлияло на низкие показатели среднепопуляционной prevalence. У поздней расы вирус выделяли ежегодно, и только в 2004 и 2007 гг. значение prevalence достоверно отличалось от среднепопуляционной величины, в первом случае оно было выше, а во втором – ниже. P_r без учета разделения на расы имело самое низкое значение среди обследованных озер, и только в 2004 г. P патогена было статистически достоверно выше P_n (рис. 3).

Таким образом, в оз. Азабачье ранняя раса нерки больше подвержена изменениям prevalence ИХНВ и, следовательно, более чувствительна к разным факторам внешней среды.

Оз. Начикинское ранее являлось практически единственным местом нереста нерки весеннего захода в бассейне р. Большая (Бугаев, 1995). В последние годы здесь наблюдается значительное снижение численности этого вида, одной из причин которого может быть существование в данном водосме естественного очага ИХНВ и периодической гибели молоди нерки от этого вируса (Рудакова, 2010). Озеро является истоком р. Плотникова, которая вместе с р. Быстрая впадает в р. Большая.

Площадь всех нерестилищ в бассейне оз. Начикинское, по данным Крохина и Крогиус (1937), 120 тыс. м², что на порядок меньше, чем площадь в оз. Курильское. Бугаев (1995) делит нерку р. Большая (и, в частности, оз. Начикинское) на рыб ранней и поздней сезонных рас. Первые нерестятся в озере с конца июня до конца июля–начала августа, последние с середины августа по конец сентября. В

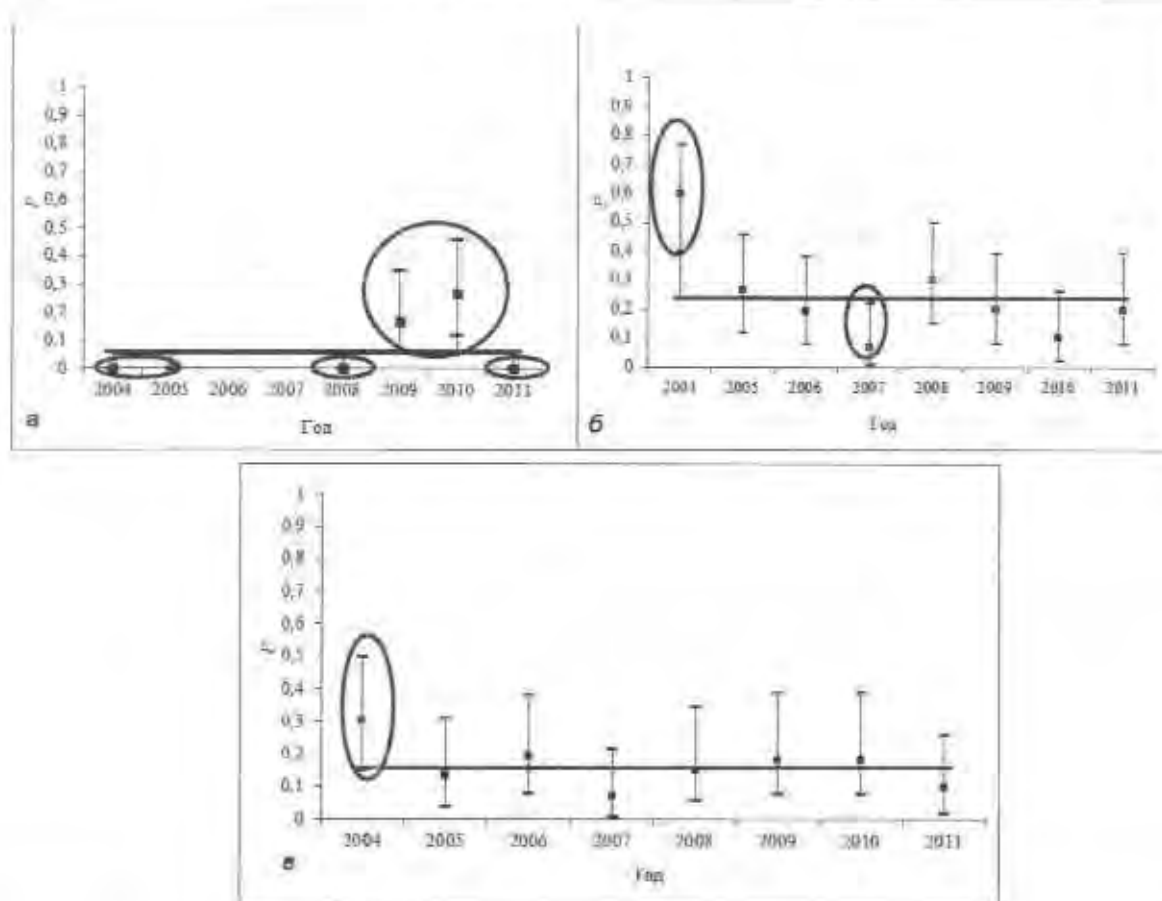


Рис. 3. Ежегодная (P) и среднегодовая (P_p) prevalence вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани у нерки в оз. Азабачье: a , b – ранняя и поздняя расы, c – без учета разделения популяции на расы. Овалами выделены значения P , статистически достоверно отличающиеся от среднегодового. Остальные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 3. Annual (P) and average annual (P_p) prevalence of infectious hematopoietic necrosis virus from sockeye salmon in Lake Azabachie: a , b – spring and summer subgroup, c – without division population on subgroups. The ovals have marked out values (P) significantly distinguished from average annual values. See others designations in Fig. 2.

последние годы из-за низкой численности доминирование ранней расы не всегда прослеживается. Принимая во внимание эти особенности биологии изучаемого вида, отбор проб для выявления IHNV проводили от обеих рас во время их нереста в районе Гришкиного ручья (рис. 1 в).

На рисунке 4 видны различия в prevalence IHNV у разных рас нерки в оз. Начикинское как по годам, так и в целом за рассматриваемый промежуток времени. При этом мы не обнаружили различий в среднепопуляционной prevalence IHNV у нерки как у отдельных рас, так и без учета рас ($P_n^r = P_n^s = P_n^o = 0,31$). Однако у ранней расы в 2003–2005 и 2011 гг. значение P было значительно выше среднепопуляционного, а в 2006, 2007, 2009 и 2010 гг. вирус вообще не был выделен. У поздней расы мы не наблюдаем таких резких скачков, P находится в пределах ДИ среднепопуляционного значения. При расчете P_p без учета разделения на расы значения P достоверно выше среднепо-

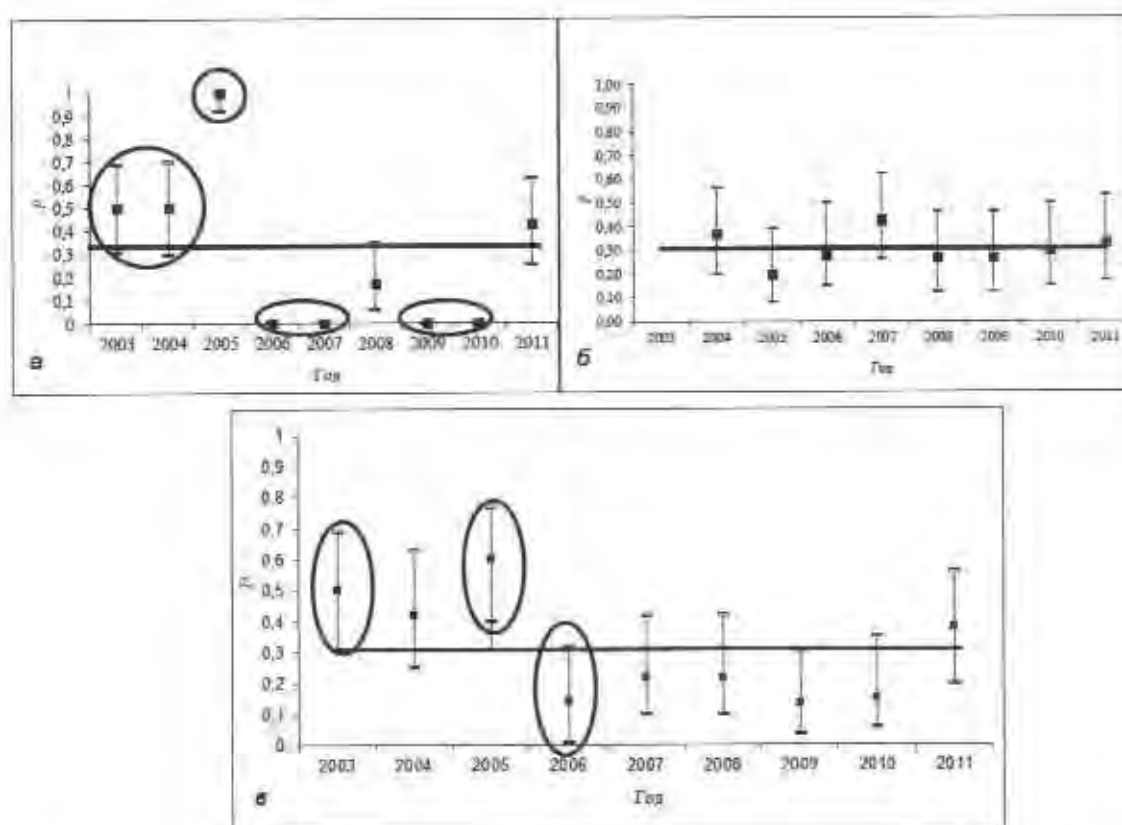


Рис. 4. Ежегодная (P) и среднегодовая (P_p) prevalence вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани у нерки в оз. Начикинское: а, б – ранняя и поздняя расы, в – без учета разделения популяции на расы. Овалами выделены значения P , статистически достоверно отличающиеся от среднегодового. Остальные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 4. Annual (P) and average annual (P_p) prevalence of infectious hematopoietic necrosis virus from sockeye salmon in Lake Nachikinskoe: а, б – spring and summer subgroup, в – without division population on subgroups. The ovals have marked out values (P) significantly distinguished from average annual values. See others designations in Fig. 2.

голетнего отмечали в 2003 и 2005, а достоверно ниже только в 2009 гг. Таким образом, для нерки оз. Начикинское определять среднепопуляционное значение prevalence ИХНВ можно без разделения на расы, но в этом случае мы пропускаем характерные для них моменты. Именно ранняя раса вносит нестабильность в значения prevalence ИХНВ, а в поздней, как раз наоборот, мы видим стабильность во взаимоотношениях патоген–хозяин, что говорит о равновесном сосуществовании этой системы. Поэтому основное внимание надо уделить именно ранней расе, так как она способна давать всплески численности патогена, что в свою очередь может привести к снижению численности хозяина. Бугаев (2011) отмечает, что именно ранние расы нерки вносят элемент нестабильности и во флуктуацию численности популяций этого вида рыб в разных водоемах. Поэтому в будущем необходимо определить, какие факторы влияют на нестабильность prevalence патогена в популяции хозяина и влияет ли ИХНВ на его численность.

Сравним среднегодовое значение превалентности ИХNV в разных озерах без учета разделения популяций на расы. Как видно на рис. 5, ДИ среднегодовых популяционных показателей превалентности вируса в обследованных водоемах практически не перекрывается, за исключением озер Курильское и Начикинское. Применив критерий χ^2 для парного сравнения популяционных средних для озер Азабачье и Начикинское, Азабачье и Курильское, Курильское и Начикинское, опровергли нулевую гипотезу о совпадении среднепопуляционных значений превалентности ИХNV в первых двух парах ($p = 0$) и подтвердили для последней пары озер ($p = 0,063$). Таким образом, мы можем утверждать, что P_p в оз. Азабачье достоверно ниже, чем в оз. Курильское и Начикинское.

В озерах Курильское, Начикинское и Азабачье мы не обнаружили статистически выраженной тенденции к увеличению или снижению превалентности ИХNV во времени ($F = 0,21, p = 0,66, R^2 = 0,033$; $F = 3,3, p = 0,11, R^2 = 0,32$; $F = 1,61, p = 0,25, R^2 = 0,21$ соответственно) при использовании регрессионного анализа, что еще раз подтверждает наши выводы об общей относительной стабильности системы патоген-хозяин в водоемах Камчатки безотносительно разделения на расы популяций в отдельных водоемах.

Полученные нами данные о пространственном и временном распространении ИХNV показали, что патоген регистрируется в водоемах Камчатки ежегодно, значения превалентности только в отдельные годы были выше среднегодовых и в основном у ранней расы, поэтому можно сделать вывод о его эндемичности в популяциях камчатской нерки в целом.

Таким образом, сравнение выборочной относительной частоты превалентности ИХNV в определенный год со среднегодовым популяционным значением может позволить контролировать эпизоотическую ситуацию в конкретном водоеме. Наблюдения за эпизоотической обстановкой в нерестово-нагульных водоемах необходимо проводить для того, чтобы иметь представление о стабиль-

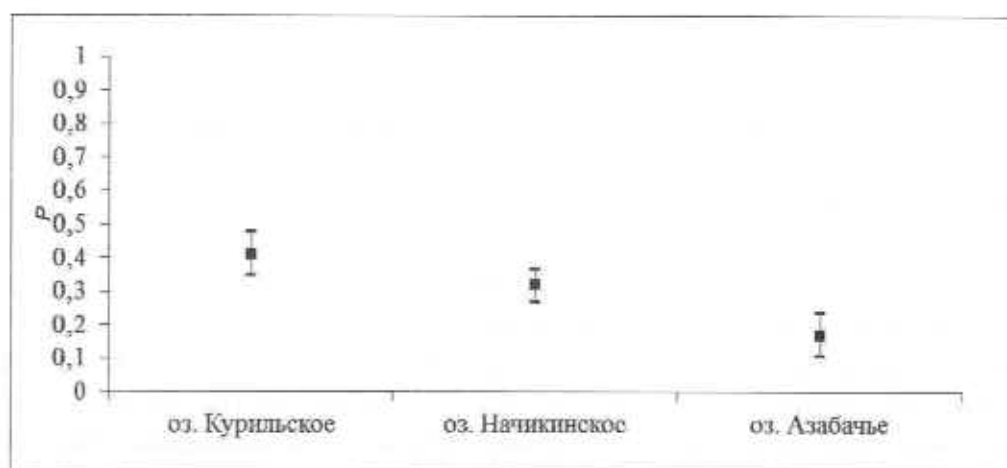


Рис. 5. Среднегодовые популяционные значения превалентности (P_p) ИХNV в обследованных озерах в 2003–2011 гг. Остальные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 5. Average annual values of prevalence (P_p) IHNV in observed Lakes in 2003–2011. See others designations in Fig. 2.

ности системы патоген-хозяин и ее изменения во времени. Это поможет вовремя выявить увеличение превалентности патогена в популяции хозяина, определить причины ее колебаний, предложить меры регулирования и не допустить распространения патогена в другие водоемы при акклиматизации и искусственном воспроизводстве.

ВЫВОДЫ

1. Вирусологическое тестирование половозрелой нерки нерестово-нагульных озер показало наличие IHNV в озерах Курильское, Начикинское, Азабачье со среднемноголетними популяционными показателями превалентности 0,41; 0,31 и 0,17 соответственно.

2. Анализ особенностей озер и местных популяций нерки показал, что для мониторинга эпизоотической обстановки в отношении IHNV отбор проб необходимо проводить от половозрелых рыб с учетом разделения популяции на сезонные расы и в конце нереста каждой из них.

3. Большое значение при отборе проб имеет постоянство времени и места.

4. Именно ранняя раса вносит нестабильность в значения превалентности IHNV у нерки и способна давать вспышки репликации и повышение вирулентности патогена, что в свою очередь может привести к снижению численности хозяина.

5. Среднемноголетние значения превалентности IHNV у нерки в оз. Азабачье статистически достоверно ниже, чем в озерах Курильское и Начикинское.

6. В популяциях нерки в исследуемых озерах не обнаружили статистически выраженной тенденции к увеличению или снижению встречаемости IHNV во времени.

7. Проведенные исследования в целом свидетельствуют об эндемичности IHNV в популяциях нерки исследуемых водоемов Камчатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бауэр О. Н. Экология паразитов пресноводных рыб // Изв. ГосНИОРХ. 1959. Т. 49. С. 5–206.

Болонев Е. М., Пронин Н. М. Структура гильдий гельминтов кишечного тракта и возрастная динамика зараженности окуня // Проблемы общей и региональной паразитологии. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. с.-х. акад., 2000. С. 50–62.

Бугаев В. Ф. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 1995. 464 с.

Бугаев В. Ф. Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX–начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2011. 380 с.

Бугаев В. Ф., Кириченко В. Е. Нагульно-нерестовые озера азиатской нерки (включая некоторые другие водоемы ареала). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2008. 280 с.

Варнавская Н. В. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2006. 488 с.

Власов В. В. Эпидемиология. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 464 с.

Догель В. А. Паразитофауна и окружающая среда. Некоторые вопросы экологии паразитов пресноводных рыб. Основные проблемы паразитологии рыб. Л.: Изд-во ЛГУ, 1958. С. 9–54.

Догель В. А. Общая паразитология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. 464 с.

Доровских Г. Н. Паразиты пресноводных рыб Северо-Востока Европейской части России (Фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография). Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкар. ун-та, 2002. 51 с.

Дудников С. А. Количественная эпизоотология: основы прикладной эпидемиологии и биостатистики. Владимир: Демиург, 2005. 460 с.

Иешко Е. П., Павлов Ю. Л. Отрицательное биноминальное распределение как модель отношений в системе паразит-хозяин // Тез. докл. III Всерос. шк. молодых ученых «Математические методы в экологии». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. С. 113–114.

Крохин Е. М., Крогуис Ф. В. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем // Изв. ТИНРО. 1937. Т. 9. 80 с.

Мусселиус В. А. (ред.). Лабораторный практикум по болезням рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 295 с.

Остроумов А. Г. Результаты аэровизуального учета и аэрофотосъемки красной и се нерестилищ в бассейне озера Курильского // Изв. ТИНРО. 1970. Т. 78. С. 17–32.

Пичугина Т. Д. Весенняя виремия карпов // Ветеринария. 2004. №5. С. 28–30.

Пугачев О. Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1999. 50 с.

Ройтман В. А., Лобанов А. А. Метод оценки численности гемипаразитов паразитов в популяции хозяина // Исследования по морфологии, таксономии и биологии гельминтов птиц // Тр. Гельминт. лаб. АН СССР. 1985. Т. 33. С. 102–123.

Русинек О. Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2007. 571 с.

Рудакова С. Л. Некроз гемопоэтической ткани у производителей нерки и предполагаемые источники инфекции // Вопр. рыболовства. 2003. Т. 4, № 1 (13). С. 93–102.

Рудакова С. Л. Описательное моделирование распространения вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани в популяции нерки // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 152. С. 140–152.

Рудакова С. Л. Факторы, влияющие на превалентность вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) в популяциях половозрелой нерки в нерестовых озерах Камчатки // Сб. науч. трудов КамчатНИРО. Вып. 13. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2009. С. 88–94.

Рудакова С. Л. Влияние вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани на популяцию нерки *Oncorhynchus nerka* Walbaum (Salmoniformes, Salmonidae) озера Начикинского // Вопр. ихтиологии. 2010. Т. 50, № 3. С. 411–416.

Щелкунов И. С. Эпизоотическая ситуация по вирусным болезням культивируемых рыб // Ветеринария. 2006. №4. С. 22–25.

Щелкунов И. С., Щелкунова Т. И., Щелкунов А. И. и др. Герпесвирусная болезнь у осетровых рыб в России // Рос. ветеринар. журн. (с.-х. животные). 2007. № 1. С. 10–12.

Яременко Н.А. (ред.). Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. М.: Отд. маркетинга АМБ-агро, 1998. 310 с.

Aquatic Animal Health Code. OIE. 2012 (<http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-code>).

Bootland L. M., Leong J. C. Infectious hematopoietic necrosis virus / Eds. Woo P.T.K., Bruno D.W. // Fish diseases and disorders. V. 3. Viral, bacterial and fungal infectious. U.K. Wallingford: CAB Internat., 1999. P. 57–112.

Rudakova S. L., Kurath G., Bochkova E. V. Occurrence and Genetic Typing of Infectious Hematopoietic Necrosis Virus in Kamchatka Russia // J. Dis. Aquat. Org. 2007, V. 75, P. 1–11.

Shchelkunov I. S., Shchelkunova T. I., Kupinskaya O. A. et al. Infectious hematopoietic necrosis (IHN): the first confirmed finding in Russia // Abstr. 10th Intern. Conf. EAFP «Diseases of fish and shellfish». Dublin, 2001. P. 44.

Wolf K. 1988. Fish viruses and fish viral diseases. Ithaca; London: US Fish Wildlife Service, 2007. 478 p.

A MODERN APPROACH TO THE MONITORING OF INFECTIOUS HEMATOPOIETIC NECROSIS VIRUS (IHNV) IN KAMCHATKA POPULATIONS OF SOCKEYE *ONCORHYNCHUS NERKA* (SALMONIFORMES, SALMONIDAE)

© 2013 y. S. L. Rudakova, E. V. Bochkova

*Kamchatka Research Institute of Fishery and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatskii,
683000*

A sampling of mature fish must be done at the end of spawning in the spring and summer subgroups for a reliable estimate of the IHNV epidemic situation in the water resources to be established. It has been shown that the spring subgroup caused instability in the percentage of IHNV among sockeye from Kamchatka Lakes. The prevalence of IHNV in the annual population of sockeye from Azabachic Lake (0,16) is significantly below that of Kurilskoe Lake (0,41) and Nachikinskoe Lake (0,32). A statistically significant trend in the variance of IHNV prevalence over time was not detected.

Keywords: sockeye salmon, Kamchatka, infectious hematopoietic necrosis virus, monitoring, epidemiology.