

ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный аграрный университет»

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Новосибирский филиал ФГБОУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ЗапсибВНИРО)

V
**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ»**

Материалы

(27–29 ноября 2019 г., г. НОВОСИБИРСК)

НОВОСИБИРСК 2019

УДК 556.1115:591+639.1
ББК 28.082

Современное состояние водных биоресурсов: материалы 5-ой международной конференции, г. Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г. / под ред. Е. В. Пищенко, И. В. Морузи. – Новосибирск, : НГАУ. – 2019. – с.

ISBN 978-5-94477-265-7

В сборнике опубликованы материалы, представляющие результаты научных исследований доложенных на 5-ой Международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов» (27–29 ноября 2019 г., г. Новосибирск). В них рассматриваются вопросы биоразнообразия, структуры, динамики популяций и сообществ гидробионтов, состояние запасов и воспроизводство промысловых рыб. Представлены некоторые особенности технологии товарного рыбоводства и аквакультуры.

Издание представляет интерес для гидробиологов, ихтиологов, ихтиопатологов, работников рыбного хозяйства, специалистов-экологов и может быть полезно преподавателям вузов, аспирантам и студентам.

Статьи печатаются в авторской редакции.

The collection contains materials representing the results of scientific research reported at the 5th International conference «Current state of aquatic bioresources» (November 27–29, 2019, Novosibirsk). They address issues of biodiversity, structure, dynamics of populations and communities of hydrobionts, the state of stocks and reproduction of commercial fish. Some features of commercial fish farming and aquaculture technology are presented.

The publication is of interest to hydrobiologists, ichthyologists, ichthyopathologists, fisheries workers, ecologists and can be useful to University professors, graduate students and students.

Официальный спонсор ООО «Карачинский источник»
ООО НПК «Агротех», ИП Сергей Леопольдович Цвей

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2019 г.

2. Бахтин Н. П. Река Енисей. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 122 с.
3. Богатов В. В. Комбинированная концепция функционирования речных экосистем // Вестник ДВО РАН. – 1995. – №3. – С. 51–61.
4. Гайденок Н. Д. О полибиоме Енисея // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. III Всерос. науч. конф.: в 4 т. – Барнаул, 2017. – Т. 1. – С. 75–90.
5. Грезе В. Н. Кормовые ресурсы рыб реки Енисей и их использование // Изв. ВНИОРХ. – М.: Пищепромиздат, 1957. – Т. 51. – 236 с.
6. Зуев И. В. Питание хариуса *Thymallus* sp. в среднем течении р. Енисей // И. В. Зуев, Е. М. Семенова, С. П. Шулепина и др. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2011. – Т. 4, №3. – С. 281–292.
7. Куклин А. А. Биологическая характеристика муксуна р. Енисей и перспективы его рыбохозяйственного использования: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. – Красноярск, 1982. – 158 с.
8. Куклин А. А. Ихтиофауна водоемов бассейна Енисея: изменения в связи с антропогенным воздействием // Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири: мат. науч.-практ. конф. – Красноярск, 1999. – С. 52–62.
9. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. – 1994. – Т. 34, №5. – С. 735–747.
10. Огнетов Г. Н. Белуха арктических морей России: популяционный статус и ресурсный потенциал // Рыбное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 66–69.
11. Остроумов Н. А. Рыбы и рыбный промысел р. Пясины. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Вып. 30. – 115 с.
12. Подлесный А. В. Муксун *Coregonus muksun* (Pallas) р. Енисея (промыслово-биологический очерк) // Тр. Сиб. отд. ВНИОРХ. – 1948. – Т. 7, Вып. 2. – С. 151–202.
13. Свирижев Ю. М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987. – 368 с.
14. Юрьев Д. Н. Экология ледовых водорослей Нижнего Амура и их роль в экосистеме: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. – М., 1992. – 27 с.
15. Townsend C. R. The patch dynamics concept of stream community ecology // J. N. Am. Benthol. Soc. – 1989. – V. 8, №1. – P. 36–50.
16. Townsend C. R., Hildrew A. G., Schofield K. Persistence of stream invertebrate communities in relation to environmental variability // J. Anim. Ecol. – 1987. – V. 56, №2. – P. 597–613.
17. Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., et al. The river continuum concept // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1980. – V. 37, №1. – P. 130–137.

УДК 712.025

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАС КЛАССИЧЕСКОГО МНОГОТЫЧИНКОВОГО МУКСУНА ЕНИСЕЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИКО – ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В. А. КОСТИЦИНА

Н. Д. Гайденок, В. Ф. Чумаков

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева»

Аннотация. В работе рассматриваются результаты исследования динамики рас классического многотычинкового муксуна Енисея на основе генетико – экологической модели и решается вопрос об определении локализации нерестово-выростного хозяйства, эквивалентен решению проблемы – какую субпопуляцию усиливать посредством искусственного воспроизводства.

Ключевые слова: многотычинковый муксун Енисея, генетико – экологическая модель
В. А. Костицина, организация НВХ

THE ANALYSIS OF CLASSIC MULTIRAKERED MUKSUN RASSE DYNAMICS ON THE BASE OF GENETICS – ENVIRONMENTAL MODEL OF V.A. COSTIN

N. D. Haydenok, V. F. Chumakov

Summary: This research article presents the results of the analysis of classic multirakered mucksun rasse dynamics on the base of genetics – environmental model and method of solution the problems of the nursery farm allocation and increasing the population by artificial breeding.

Keyword: multirakered mucksun of enisey, genetics – environmental model, the organization of nursery farm

В стадию Новой Экономической Формации в Сибири прокатилась серия запретов на полупроходную ихтиофауну:

1. 1998 г – сибирский осетр Енисея;
2. 2014 г – обской муксун;
3. 2019 г – нельма, муксун и омуль Енисея.

Период запрета на енисейского осетра с 1998 г в силу гипертрофированного потребительского лова, не только не принес ожидаемого увеличения его численности, но и определил необходимость искусственного воспроизводства вышеперечисленных промысловых объектов. В связи с этим встает следующий конкретный вопрос: – где отбирать производителей для искусственного воспроизводства и строить НВХ?

В отношении Енисея районом организации НВХ практически для всей полупроходной ихтиофауны должен быть отрезок Верхнего Плеся Нижнего Течения Енисея от Нижней Тунгуски до р. Хантайки – рис. 1.

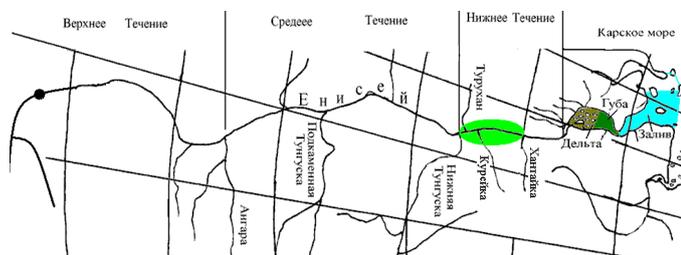


Рис. 1. Участки отбора производителей для искусственного воспроизводства промысловых объектов.

Данное заключение определяется, как актуальными в настоящее время экономическими причинами – наличие Хантайской и Курейской ГЭС, так и экологическими

1. наличием различных форм (*стад, субпопуляций*) у каждого из видов – «от двух»;
2. особенностями их нерестовых миграций – нерест на различных нерестилищах;
3. характером промысла с 1900 г.

Исходя отсюда вопрос об определении локализации НВХ эквивалентен решению проблемы – «Какое стадо (субпопуляцию) усиливать посредством искусственного воспроизводства?»

Анализ перечисленных выше факторов представляет задачу настоящего исследования.

Далее, вопрос о детерминации района локализации НВХ эквивалентен исследованию проблемы расообразования (*более глубокой дифференциации подвидов или тех таксономических рангов, которые определяются формальными принципами таксономии*) у полупроходной ихтиофауны Енисея.

Положение дел в плане исследования проблемы расообразования затрудняет наличие внешне различных, но феноменологически эквивалентных терминов для обозначения понятия «раса», как – то: стадо, субпопуляция, форма, морфа, разновидность, тип миграции, репродуктивно изолированные сезонная группировка, носитель конкретной репродуктивной стратегии и т.д.

Рассмотренное многообразие терминов безусловно не является плодом праздной затеи – они отражают соответствующие аспекты расообразования.

Прогрессивным подходом для решения проблемы расообразования в ихтиологии, сдвинувшем положение дел в объяснении ее сущности со стадии «хождения по кругу сугубо эколого – ихтиологических аспектов» и подтверждающим сведения о целесообразности использования генетики для исследования КММ послужила работа [3], где исследуется динамика носителей репродуктивных стратегий (в данном случае – млекопитающие), которые являются практическим тождеством классических в ихтиологии рас, динамике рас внутривидового континуума муксуна Енисея.

Однако здесь необходимо сделать следующее сообщение, касающиеся особенностей использования аппарата генетики к изучению расообразования. Всю генетику в плане исторического развития можно разделить на три области – экспериментальную (изначально вопросы селекции), формальную и инструментальную или физико – химическую.

Реальным фактом здесь является – инструментальная генетика пока еще не работает в общей массе «не только глубже подвида, но и вида в ряде случаев», и только в ведущих мировых лабораториях намечаются подходы к «увеличению глубины».

Кроме того, вопрос о гарантии того, что полученная сигнатура отвечает именно за определенных экологический показатель остается открытым.

В силу чего для исследования динамики рас, как внутривидовых взаимоотношений, в нашем распоряжении остаются результаты исследований первых двух областей. Точнее – в основном формальной.

Но, не смотря на довольно не оптимистическую перспективу инструментальная генетика определила следующее «рабочее» правило для продолжительности образования расы, как внутривидового феномена: в первом приближении справедлива закономерность – отношение десятичных логарифмов продолжительностей образования вида (В) и расы (Р) равно внутривидовому порядку расы, а именно: $\lg [B] / \lg [P] = 3$

Итак, определив фрейм методики перейдем к исследованиям аспектов расообразования муксуна рек Сибири от Оби до Лены с основным акцентом на муксуна Енисея.

Данную проблему рассмотрим на примере внутривидового континуума муксуна Енисея, использования законов генетики для объяснения внутривидовой структуры.

Действительно, «сезонные расы КММ, практически не разделяемые морфометрически, являются примером менделеевского расщепления КММ в моногибридном скрещивании, где в качестве дискриминантного признака вместо цветов гороха, желтого и зеленого, рассматривается Озимая и Яровая расы дифференцируемые по длине нерестовой анадромии, которую классические енисейские ихтиологии от В. Л. Исаченко до А. А. Кукина [5] связывают ее со степенью зрелости гонад (рис. 2), соответствующей типам нерестилищ и генетически закрепленной во врожденных инстинктах, отражающих такой аспект биологического феномена – «давление жизни – в виде расширения площади ареала существования», как эндолимитирование по плотности популяции в отношении кормобеспеченности [1]».

Естественным образом наличие в нерестовом стаде особей с различной степенью зрелости гонад и идущих на разные нерестилища крайне далеко от такого генетического показателя, как «норма реакции» – в популяции при определенном среднем размере есть медленно и быстро растущие особи, которые исходя из принципов ламаркизма составляют соответствующие расы. Здесь положение дел заключается в классическом феномене г и К стратегии. Т.е., говоря с/х – языком «не крупные и мелкие особи одной породы, а две различные

медленно и быстро растущие породы, в каждой из которых, в свою очередь, есть крупные и мелкие особи».

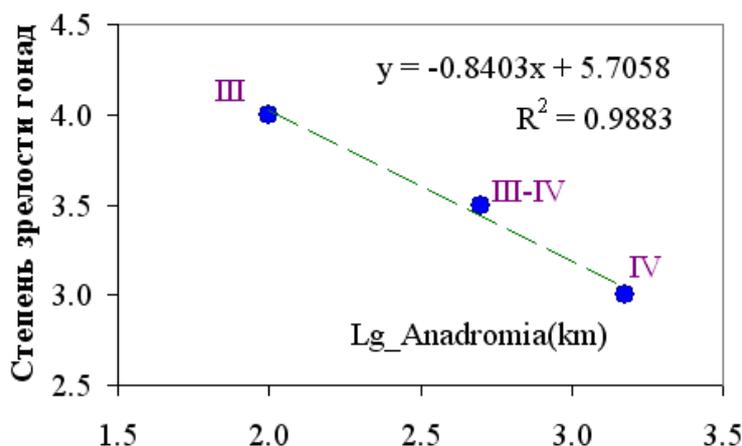


Рис. 2. Зависимость степени зрелости гонад от длины по длине нерестовой анадромии.

Исследования динамики рас КММ проведем с помощью математического моделирования, где в качестве базовой модели используется модифицированная генетико – экологическая модель В. А. Костицина [7] (цит. стр.99).

Прежде чем перейти к ее анализу сделаем следующее замечание – классическим положением является тот факт, что такие трофо- демографические характеристики, как рост, вес, скорость продуцирования живого вещества определяются не одним геном (участком ДНК), а комплексом генов – кластером, который может находиться в нескольких состояниях, называемых применительно к гену аллелями.

Поэтому, было бы более корректным вместо термина «ген» говорить комплекс или кластер генов или тип кластера генов. Но, в дань традиции здесь по – прежнему употребляется термин «ген» и «генотип»

Пусть согласно [7, стр.101]: N_1, N_2, N_3 – численности особей с генотипами AA, Aa и aa; $N = N_1 + N_2 + N_3$ – общая численность.

Тогда, динамика N_1, N_2, N_3 описывается следующей системой дифференциальных уравнений (1) [7]

$$\begin{aligned}
 \frac{dN_1}{dt} &= \frac{\varphi}{N} \left(N_1 + \frac{N_2}{2} \right)^2 - m_1 N_1 - \mu N_1 N \\
 \frac{dN_2}{dt} &= \frac{2\varphi}{N} \left(N_1 + \frac{N_2}{2} \right) \left(\frac{N_2}{2} + N_3 \right) - m_2 N_2 - \mu N_2 N \\
 \frac{dN_3}{dt} &= \frac{\varphi}{N} \left(\frac{N_2}{2} + N_3 \right)^2 - m_3 N_3 - \mu N_3 N
 \end{aligned} \tag{1}$$

где j, m_i, m – коэффициенты «рождаемости» или «функции приспособленности», смертность i – го генотипа и эндолимитирования.

В основу построения (1) положены: 1 закон Г. Менделя и методологии для описания – а) уравнения Ферхюльста – Перла общих закономерностей динамики генотипа и б) – методология системы Лотки – Вольтера эндолимитирования и конкуренции генотипов.

Действительно, первые члены в уравнениях образуются на основе баланса аллелей – табл.1.

Таблица 1. Баланс аллелей

	$N_1 = AA$	$N_2 = Aa$	$N_3 = aa$
A	1	1/2	0
a	0	1/2	1
Σ	1	1	1

	A	a
A	AA	aA
a	Aa	aa

На основе матрицы баланса аллелей получаем выражения для соответствующих гамет (2)

$$\begin{aligned}
 A &= N_1 + \frac{1}{2} N_2 + 0 N_3, \\
 a &= 0 N_1 + \frac{1}{2} N_2 + N_3, \\
 AA &= (N_1 + \frac{1}{2} N_2)^2, \\
 Aa + aA &= (N_1 + \frac{1}{2} N_2) (\frac{1}{2} N_2 + N_3) + (\frac{1}{2} N_2 + N_3) (N_1 + \frac{1}{2} N_2) = \\
 &= 2 (N_1 + \frac{1}{2} N_2) (\frac{1}{2} N_2 + N_3), \\
 aa &= (\frac{1}{2} N_2 + N_3)^2,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Величины «коэффициента рождаемости» или «функций приспособленности» не смотря на их крайнюю неопределенность в генетике [7] (стр.96) с демографических позиций представляют собой «чистую скорость роста популяции» r [6], определяемую на основе возрастных распределений половозрелости самок, доли самок в возрастном классе, плодовитости и смертности.

В связи с этим в системе (1) в первом, «рабочем» приближении в качестве m_1 должны использоваться только промысловые смертности, ибо естественные уже вошли в r .

Совокупный коэффициент межгенотипной конкуренции и эндолимитированная, определяемый через произведение общей численности и численности определенного генотипа учетом посредством влияния уровня корма на r через зависимость плодовитости (пропорциональной рациону особи C) от уровня корма B (3), представляющую собой третий тип функциональной реакции Холлинга – рис. 3.

$$\begin{aligned}
 C(B) &= C_b^m X^n / (X^n + a^n), \quad X = B / (N_1 + N_2 + N_3) = B/N, \\
 C(B) &= C_b^m B^n / (B^n + (aN)^n),
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

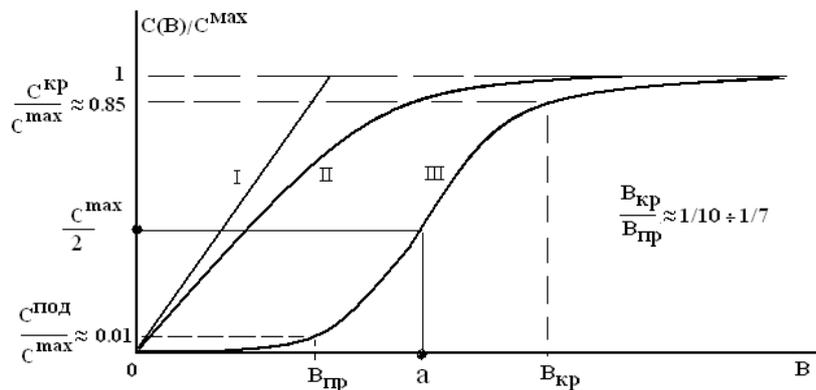


Рис. 3. Типы функциональной реакции Холлинга (1969)

На основе (3) представим зависимость плодовитости i – го генотипа P_i в виде (4) от общей численности N (ареалы нагула и спектры питания, как фенотипов, так генотипов эквивалентны)

$$P_i (B/N) = P^m B^n / (B^n + (a_i N)^n) = P^m / (1 + (a_i N/B)^n), n^3 2 \quad (4)$$

От уровня кормообеспеченности несомненно изменится доля половозрелых – возрастное распределение сдвинется в сторону больших возрастов, как минимум, на год.

Прежде чем переходить к дальнейшему анализу принципов модификации сделаем привязку указанных выше генотипов к элементам внутривидовой структуры КММ – генотипы AA и Aa поставим в соответствие доминирующей яровой расе КММ, а генотип aa – подчиненной озимой (рис. 4), ибо она появляется на Верхних Нерестилищах только при достаточно высокой общей численности. Такое соответствие полностью определяется, как былыми объемами промысла в районе соответствующих нерестилищ, так и особенностями нерестовой миграции рас.

В соответствии с характером привязки рас к генотипам определяются и величины промысловой смертности – в виду того, что озимая раса идет с осени по осень в большинстве массы, либо подо льдом, либо по большой воде, когда она труднодоступна орудиям лова, то ее промысловая смертность ниже, чем у яровой, идущей в летнее время. Т.е., m_1 и $m_2 > m_3$.

Но, самое радикальное изменение чистой скорости роста популяции r произойдет в результате изменение величины смертности «икра – 0+» в силу многократного (5/2) отношения протяженностей катадромии – рис. 4.а

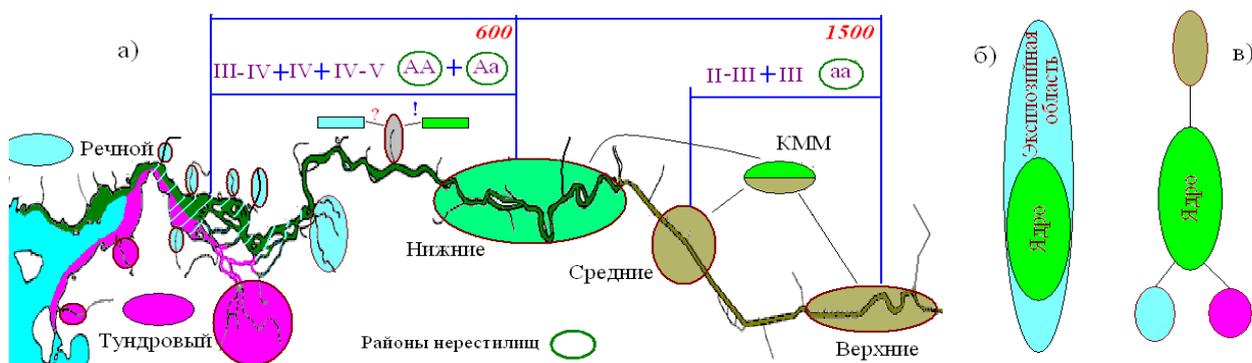


Рис. 4. Соответствие генотипов нерестилищам и протяженности нерестовой анадромии, км

Даже при самом простом линейном декременте повышение смертности «икра – 0+» произойдет в 2.5 раза. Но, поскольку 0+ с Верхних Нерестилищ подойдет к Нижним уже весьма потрепанным и дальше также будет подвергаться воздействию бурного потока, то здесь уже наблюдается кумулятивный эффект, выражающийся в экспоненциальном декременте, величина которого по самым осторожным оценкам увеличит отношения протяженностей катадромии с 2.5 до 3–4.

Тогда величина чистой скорости роста популяции r , которая для КММ равна 0.17 [2] уменьшится в середину интервала 3–4, т.е. 3.5 раза в соответствии с принципом «недостаточного основания» Лапласа.

Однако, если учитывать Средние Нерестилища, то декремент r следует принять равным нижней границе изменения – 3.

Вышеизложенные особенности увеличения смертности 0+ и снижения чистой скорости роста популяции позволяют определить общую структуру Нерестилищ. Она имеет два элемента – базовое ядро и периферийную область эксплозии или диффузии в зависимости от темпов проникновения – рис. 4.б.

Причем, область эксплозии – диффузии в реальности м.б. далеко не односвязной или непрерывной – как правило она имеет иерархическую структуру (рис. 4.а, в), где возможен контакт даже иными морфами или подвидами.

Итак, детерминировав самый «проблемный» из базовых генетических показателей r проанализируем общий фрейм (1).

Положим в (1) $m_i = \text{const}$ и просуммируем правые и левые части уравнений. В результате получим классическое уравнение Ферхюльста – Перла для общей численности N (5)

$$dN/dt = (j - m) N - mN^2 = (b - mN) N, \quad b = j - m, \quad (5)$$

правая часть которого качественно подобна классической зависимости Риккера «потомок – родитель».

Основная ценность системы В. А. Костицина состоит в том, что она не только отражает основные экологические закономерности, но и, главное, позволяет воспроизвести динамику переходов между генотипами при учете конкретных экологических и промысловых условий.

Здесь уже классические закономерности 1 – го закона Г. Менделя – « $1/4 - 1/2 - 1/4$ » могут измениться радикальным образом. И, например, в неких специфических агротехнических условиях – влажность почвы, густота посадки и т.д. – подчиненный зеленый сорт гороха взял верх над доминантным желтым.

Вернемся к особенностям модификации системы В. А. Костицина принятой в настоящем исследовании. В правой части системы (1) остаются всего два члена, первый из которых ответственен за описание динамики переходов между генотипами с учетом эндолимитирования по корму, и второй – отражает влияние промысловой смертности на каждый генотип. Характер эндолимитирования по корму для каждого генотипа, выражаемый через падение r_i , которая пропорциональна плодовитости i – го генотипа P_i (4), показан на рис. 5.а, где различие в величинах N , при которых происходит снижение r генотипов N_1 и N_2 (приняты в соответствии с 1 – м законом Менделя тождественными) и N_3 , обусловлено следующим – при низкой кормообеспеченности происходит замедление, как общего прироста, так и снижается скорость созревания гонад. У N_3 она согласно данной работе на старте нерестовой миграции меньше, чем у N_1 и N_2 – II–III и III против III–IV, IV и IV–V – рис.4.

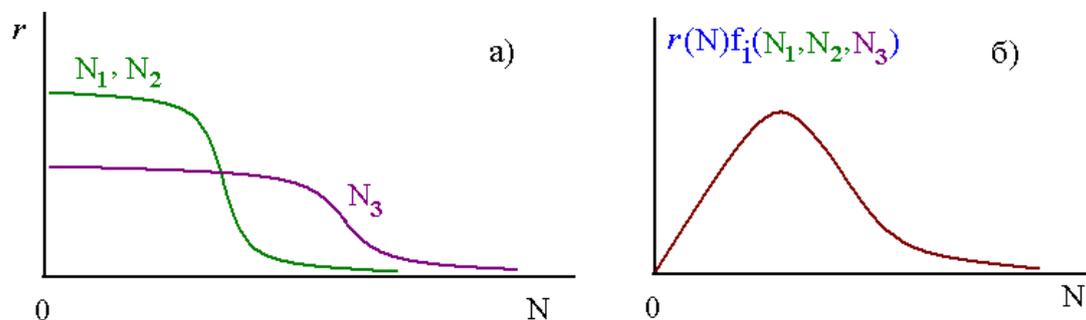


Рис. 5. Зависимость $r_i(N)$ от N

Качественный вид первых членов модифицированной системы В. А. Костицина при функциях f_i

$$\begin{aligned} f_1 &= r_1(N)/N (N_1 + 1/2 N_2)^2, \\ f_2 &= 2r_2(N)/N (N_1 + 1/2 N_2) (1/2 N_2 + N_3), \\ f_3 &= r_3(N)/N (1/2 N_2 + N_3)^2, \quad N = N_1 + N_2 + N_3 \\ r_i(N) &= r_i^m / (1 + (a_i/BN)^n), \quad a_1 \gg a_2 > a_3 \gg 1/2 a_2. \end{aligned} \quad (6)$$

показан на рис. 5.б. Как легко видеть он тождественен качественному виду классической зависимости [6] Риккера «потомок – родитель».

Тогда на основании вышеизложенного с учетом (6) система (1) предстанет в следующем виде (7)

$$\begin{aligned}
 dN_1/dt &= r_1 (N)/N (N_1 + \frac{1}{2}N_2)^2 - m_1 N_1 \\
 dN_2/dt &= 2r_2 (N)/N (N_1 + \frac{1}{2}N_2) (\frac{1}{2}N_2 + N_3) - m_2 N_2 \\
 dN_3/dt &= r_3 (N)/N (\frac{1}{2}N_2 + N_3)^2 - m_3 N_3 \\
 m_1 \text{ и } m_2 &> m_3
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Получив систему уравнений, описывающую динамику переходов генотипов в зависимости от эколого – промысловых условий, приведем результаты моделирования динамики генотипов (рис. 6) при реальных объемах промысла на основе трофодемографических параметров и промысловых статистик [2]. Здесь результаты моделирования сами говорят за себя:

1. «В 1950 – е гг положение популяции было наитяжелейшим» [8];
2. «К концу 1980 – х – началу 1990 – х гг после долгого перерыва на Верхних Нерестилищах стали появляться производители КММ» [4].

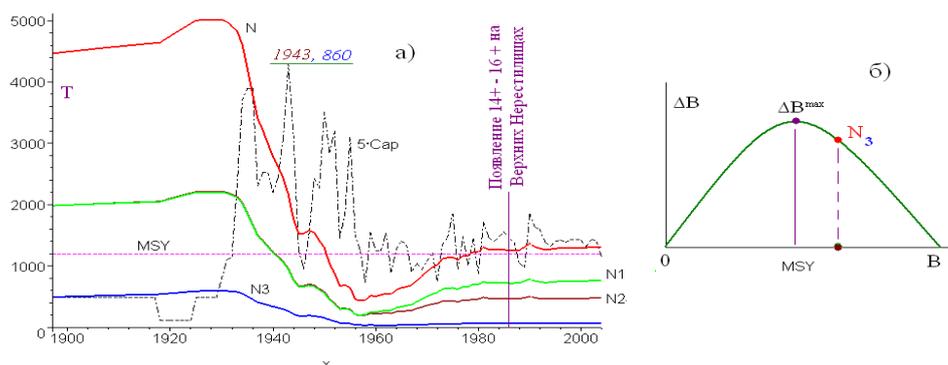


Рис. 6. Динамика генотипов и пятикратного (*масштаб*) вылова (Cap), т; 1943 г – реальный вылов – 860 т

Из рис. 6. отчетливо видно, что при биомассе популяции, соответствующей MSY (оптимальный уровень промысла) КММ равной ~ 1200 т N_3 особи 14+ – 16+ появляются на Верхних Нерестилищах. Это, как легко заметить, происходит только тогда, когда общая биомасса N^3 1.2 MSY – точка N_3 , рис. 6.б.

Д.с., появления генотипа N_3 на Верхних Нерестилищах является индикатором достижения КММ уровня MSY, который, как показывает введенный запрет надо существенно превышать в виду высокого потребительского лова.

В заключении рассмотрим эколого – генетическую роль рас КММ. Яровая, доминирующая раса получает свой статус в виду экономии энергии на нерестовую анадромию и она явно доминирует в период низкой общей численности КММ.

Озимая раса с экологических позиций представляет собой «носитель эксплозии» и достигает сколь значимых уровней только в годы высоких численностей [2] – повышение ее численности приводит к отрицательным эффектам – высокой трате энергии на анадромию и повышению смертности возрастного класса 0+. Ее жизненная ниша обусловлена следующими феноменами – более высокой константой полунасыщения (рис. 5а) и более низкой промысловой смертностью в сравнении с яровой.

К положительному вкладу озимой расы следует отнести разве, что значительное увеличение площади нерестилищ, которое при изменении экологических условий обеспечивает дополнительную стабильность популяции [1].

Список литературы

1. Гайденок Н.Д. Енисейский муксун – эндолимитирование и расы, формы, субпопуляции, популяции, континуум / Н.Д. Гайденок, П.М. Клементенок, А.А. Куклин // Рыбное хозяйство 2014. – №1. – С. 70–76.

2. Гайденок Н. Д. Моделирование экология и промысел ихтиофауны Енисея и Оби и морских млекопитающих Карского моря/ Н. Д. Гайденок, А. Н., Баранов Г. М. Чмаркова. – Красноярск: СибГАУ, 2014. – 452 с.
3. Жданова О. Л. Математическое моделирование механизма дифференциации репродуктивных стратегий в естественных популяциях (на примере песцов, *Alopec lagopus*)/ О. Л. Жданова, Е. Я. Фрисман. // Компьютерные исследования и моделирование 2016. – Т. 8, №2. – С. 213–228.
4. Заделенов В. А. Практические мероприятия по сохранению биологического разнообразия водных биоресурсов в водоемах красноярского региона / В. А. Заделенов, В. В. Заворуев, Е. Н. Шадрин // Рыбоводство и рыбное хозяйство 2011. – №8. – С. 29.
5. Куклин А. А. Биологическая характеристика муксуна р. Енисей и перспективы его рыбохозяйственного использования: дисс. канд. биол. наук. – Л., 1982. – 158 с.
6. Риклевс Р. Основы экологии. – М., 1979. – 424 с.
7. Свирежев Ю. М., Основы математической генетики/ Ю. М. Свирежев, В. П. Пасеков. – М.: Наука, 1982. – 512 с.
8. Тюльпанов М. А. Анализ состояния запасов и реорганизация промысла ценных рыб в низовьях Енисея // Проблемы рыбного хозяйства водоемов Сибири. – Тюмень, 1971. – С. 102–12.

УДК 597–19

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЛУПРОХОДНОЙ ИХТИОФАУНЫ ВЕЛИКИХ СИБИРСКИХ РЕК

Н. Д. Гайденок², В. А. Заделёнов^{1, 2}

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») (НИИЭРВ), Красноярск, Россия, nii_erv@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» (КрасГАУ), г. Красноярск, Россия, ndgay@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены особенности нереста полупроходной ихтиофауны в соответствии с геологическим прошлым сибирских рек.

Ключевые слова: геологическая история, полупроходная ихтиофауна, сиговые рыбы, трансгрессия

GEOLOGICAL FEATURES OF DEVELOPMENT OF SEMI-TRANSIT ICHTHYOFAUNA GREAT SIBERIAN RIVERS

N. D. Gaydenok, V. A. Zadelenov

Summary. The paper deals with the features of spawning semi-migratory ichthyofauna in accordance with the geological past of the Siberian rivers.

Keywords: geological history, semi-migratory ichthyofauna, whitefish, transgression

В работах енисейских ихтиологов А. В. Подлесного, П. Л., Ю. В. Михалева, А. Ф. Устюгова, А. А. Куклина, В. И. Романова проведен сравнительный анализ полупроходной ихтиофауны великих Сибирских рек – Оби, Енисея и Лены, который показывает довольно тесное сходство отдельных видов [4, 5, 8, 9, 13]. Действительно, здесь отмечено следующее: – согласно Куклину [4], енисейский многотычинковый муксун наиболее близок с ленским многоты-