



УДК 639.2.053.7: 597-152.6

## Водные биологические ресурсы

# Значение коэффициентов промыслового возврата в рыбохозяйственных исследованиях

А.К. Матковский

Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), Одесская ул., д.33, г. Тюмень, 625023

E-mail: a.matkovskiy@gosrc.vniro.ru

SPIN-код: А.К. Матковский – 8635-5628

**Цель:** определение области применимости коэффициентов промыслового возврата в рыбохозяйственных исследованиях на примере сиговых рыб Обского бассейна.

**Методы исследования:** для анализа использовали расчётные значения коэффициентов за период 1970-2015 гг., а также материалы по искусственному воспроизводству за 1986-2011 гг. Численность рыб рассчитывали методом восстановленного запаса. Коэффициенты проверяли по следующим критериям: выживаемость молоди; возврат производителей от численности личинок; число потомков пары производителей, достигающих половой зрелости.

**Результаты:** анализ разных показателей подтвердил обоснованность замены ранее действовавших коэффициентов на новые. Показана связь коэффициентов с выживаемостью и уровнем использования запаса. Отмечено, что эта связь содержится в уравнении коэффициента. Рассматриваются различные аспекты применения коэффициентов. Особое внимание уделяется анализу изменения интенсивности промысла и естественного воспроизводства, а также определению объёмов ННН-вылова. Установлено увеличение уровня использования поколения промыслом при снижении её численности.

**Практическая значимость:** раскрыты ранее не используемые возможности применения коэффициентов для выяснения эффективности искусственного воспроизводства, определения объёмов ННН-вылова, прогнозирования урожайности поколений и регулирования рыболовства.

**Ключевые слова:** коэффициент промыслового возврата, выживаемость, интенсивность и регулирование рыболовства, уровень естественного воспроизводства, ННН-промысел, перелов.

## Significance of commercial return coefficients in fisheries research

Andrej K. Matkovskiy

Tyumen branch of VNIRO («Gosrybsentr»), 33 Odesskaya St., Tyumen, 625023, Russia

**Purpose of the study:** determination of the area of applicability of commercial return coefficients in fisheries research using the example of whitefish of the Ob basin.

**Research methods:** The calculated values of the coefficients for the period 1970-2015, as well as materials on artificial reproduction for 1986-2011, were used for the analysis. The number of fish was calculated using the restored stock method. The coefficients were checked according to the following criteria: the survival rate of juveniles; the return of producers from the number of larvae; the number of descendants of a pair of producers reaching puberty.

**Results:** The analysis of various indicators confirmed the validity of replacing the previously valid coefficients with new ones. The relationship of coefficients with survival and the level of reserve utilization is shown. It is noted that this relationship is contained in the equation of the coefficient. Various aspects of the application of coefficients are considered. Special attention is paid to the analysis of changes in the intensity of fishing and natural reproduction, as well as the determination of the volume of IUU fishing. An increase in the level of use of generation by fishing has been established with a decrease in its number.

**Practical significance:** The previously unused possibilities of using coefficients to determine the effectiveness of artificial reproduction, determine the volume of IUU fishing, predict the yield of generations and regulate fishing are disclosed.

**Keywords:** fishing return coefficient, survival rate, intensity and regulation of fishing, level of natural reproduction, IUU fishing, overfishing.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы информативность коэффициентов промыслового возврата, пересмотренных в конце 2010-х гг. [Методика исчисления ..., 2020<sup>1</sup>], ставится под сомнение. Предлагается или заменить их коэффициентами выживаемости [Шибяев, 2018], или вернуться к ранее действовавшим коэффициентам [Богданов, 2023] 1980-х гг. [Временная методика ..., 1989<sup>2</sup>; Методика исчисления ..., 2011<sup>3</sup>]. Вместе с тем, практика применения новых коэффициентов показала их действенность. Они позволяют не только правильно рассчитывать объёмы компенсации наносимого вреда водным биологическим ресурсам, но и отражают происходящие изменения в выживаемости рыб, что важно для изучения состояния естественного воспроизводства и численности популяций.

Целью данной статьи является оценка применимости коэффициентов промыслового возврата в рыбохозяйственных исследованиях на примере сиговых рыб Обского бассейна.

Задачи исследования заключались в проверке обоснованности внесения изменений в сторону понижения ранее действовавших коэффициентов и в изучении связи коэффициентов с естественным воспроизводством и интенсивностью промысла.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учитывая широкий спектр толкования промыслового возврата [Шибяев, 2018], в статье под этим термином понимается, какая часть численности генерации за период её существования, начиная от той или иной жизненной стадии, используется промыслом. Коэффициент выражается в процентах, что позволяет получать сопоставимые оценки.

Коэффициенты промыслового возврата рассчитывали по уравнению:

$$k = \frac{100 \sum_{i=1}^n C_i}{N}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент промыслового возврата, %;  $C_i$  – вылов генерации в год  $i$ , экз.;  $n$  – число лет промысла генерации;  $N$  – численность определённой жизненной

стадии генерации, экз.: икры, личинки, молоди разной массы.

Численность рыб определяли методом восстановленного запаса [Матковский, 2001], а молоди – исходя из зависимости выживаемости от фонда отложенной икры и возраста достижения молодью той или иной массы [Матковский, 2017].

С использованием коэффициентов промыслового возврата коэффициент выживаемости исходя из уравнения 1 рассчитывали как:

$$s_i = \frac{k_i}{k_{i+1}}, \quad (2)$$

где  $s_i$  – коэффициент выживаемости в период лет  $i$ .

При анализе результатов использовали утверждённые и ранее действовавшие коэффициенты промыслового возврата 1989 г. (табл. 1), а также – многолетние фондовые материалы Ханты-Мансийского отдела Тюменского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» по объёмам искусственного воспроизводства муксуна (*Coregonus muksun* (Pallas, 1814)) (табл. 2).

Объёмы ННН-промысла и прогнозирование изменения уровня естественного воспроизводства осуществляли путём сопоставления расчётных значений коэффициентов промыслового возврата за разные периоды лет. При этом в качестве эталонного периода использовались годы, когда воздействие на запас было сравнительно невысоким. Расчёт ННН-вылова выполняли на примере обского муксуна следующим образом:

1. Рассчитывали средний коэффициент промыслового возврата от икры в эталонный период (1970-1985 гг.).

2. Находили разницу между коэффициентами (промыслового возврата) эталонного периода и периода интенсивного воздействия ННН-промысла:

$$\Delta k_j = k_{эм} - k_j,$$

где  $\Delta k_j$  – приращение коэффициента промыслового возврата от икры генерации  $j$  по отношению к эталонному периоду, %;  $k_{эм}$  – средний коэффициент промыслового возврата от икры в эталонный период, %;  $k_j$  – коэффициент промыслового возврата от икры генерации  $j$ , %.

3. Определяли утрату промыслового возврата от икры, приходящуюся на одну самку генерации  $j$ :

$$u_j = \frac{p \Delta k_j}{100},$$

где  $u_j$  – утрата промыслового возврата от икры, приходящаяся на одну самку генерации  $j$ , экз./особь;  $p$  – средняя плодовитость, икринок (для муксуна принималась равной 50 тыс. икринок).

<sup>1</sup> Методика исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам. <http://publication.pravo.gov.ru/>.

<sup>2</sup> Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоёмах. [https://gostrf.com/norma\\_data/59/59355/index.htm](https://gostrf.com/norma_data/59/59355/index.htm).

<sup>3</sup> Методика исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам. [https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya\\_deyatelnost/ohrana\\_vodnyh\\_bioresursov/npa-3.pdf](https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/ohrana_vodnyh_bioresursov/npa-3.pdf).

**Таблица 1.** Коэффициенты промыслового возврата (%) отдельных видов сиговых рыб Обского бассейна  
**Table 1.** Coefficients of commercial return of individual species of whitefish in the Ob basin

Вид	Временная методика, 1989 <sup>2</sup>		Методика исчисления ..., 2020 <sup>1</sup>		
	от личинки	от молоди навеской 0,5 г	от личинки	от молоди навеской	
				0,5 г	1,5 г
Муксун	0,16	1,8	0,051	0,090	0,114
Нельма	0,11	0,8	0,077	0,136	0,171
Чир	0,17	1,2	0,069	0,103	0,128

**Таблица 2.** Искусственное воспроизводство обского муксуна в 1989-2011 гг. (фондовые данные Обь-Тазовского отдела Госрыбцентра)

**Table 2.** Artificial reproduction of the Ob muksun in 1989-2011 (stock data of the Ob-Tazovsky department of the Gosrybtsenter)

Годы	Объём выпуска личинок в магистраль млн экз.	Объём зарыбления выростных водоёмов личинками, млн экз.	Объём выпуска сеголеток в магистраль, млн экз.	Выход сеголеток из выростных водоёмов, %	Промысловый возврат	
					тыс. экз.	тонн
1985	9,8	-	-	-	15,68	26,66
1986	13,0	14,0	4,2	30	96,40	163,88
1987	8,0	2,0	0,6	30	23,60	40,12
1988	14,2	4,9	2,0	41	58,72	99,82
1989	7,7	2,7	0,3	11	17,72	30,12
1990	10,0	2,0	0,9	45	32,20	54,74
1991	12,9	5,9	2,5	42	65,64	111,59
1992	-	17,7	11,3	64	203,40	345,78
1993	-	18,0	5,1	28	91,80	156,06
1994	-	16,5	6,5	39	117,00	198,90
1995	-	8,9	3,4	38	61,20	104,04
1996	-	2,4	1,0	42	18,00	30,60
1997	-	4,2	1,8	43	32,40	55,08
1998	-	6,1	2,4	39	43,20	73,44
1999	-	4,0	2,0	50	36,00	61,20
2000	-	5,0	2,1	42	37,80	64,26
2001	-	9,3	4,8	52	86,40	146,88
2002	-	5,5	2,5	45	45,00	76,50
2003	-	9,0	3,6	40	64,80	110,16
2004	-	24,1	10,0	42	180,00	306,00
2005	-	29,0	12,4	43	223,20	379,44
2006	-	22,0	10,5	48	189,00	321,30
2007	-	15,0	7,0	47	126,00	214,20
2008	-	33,1	13,1	40	235,80	400,86
2009	-	-	10,0	-	180,00	306,00
2010	-	-	10,4	-	187,20	318,24
2011	-	-	6,1	-	109,80	186,66
Средняя	10,8	11,4	4,8	40,9	95,48	162,32

Примечание. Промысловый возврат рассчитан по коэффициентам [Временная методика ..., 1989].

4. Рассчитывали общую величину изъятия генерации ННН-промыслом:

$$S_{ННН j} = u_j n_i,$$

где  $S_{ННН j}$  – общее изъятие генерации  $j$  ННН-промыслом, экз.;  $n_i$  – количество самок, принявших участие в нересте в год  $i$  для формирования генерации  $j$ , экз.

5. Определяли ежегодную величину вылова генерации ННН-промыслом:

$$C_{ННН j, i} = S_{ННН j} d_{j, i},$$

где  $C_{ННН j, i}$  – изъятие генерации  $j$  ННН-промыслом в год  $i$ , экз.;  $d_{j, i}$  – доля изъятия генерации  $j$  в год  $i$

$$d_{j, i} = \frac{C_{j, i}}{S_j},$$

где  $C_{j, i}$  – улов генерации  $j$  в год  $i$ , экз.;  $S_j$  – суммарный вылов генерации  $j$  за период жизни, экз.

Для проверки влияния ННН-промысла на численность популяции муксуна применялись индексы численности. В качестве индексов использовались многолетние данные по вылову на усилие-улов за один плав 450-метрового провяза плавных сетей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Любой коэффициент промыслового возврата можно проверить на основе следующих критериев:

1. На сколько ожидаемый вылов от работ по искусственному воспроизводству соответствует фактическому.

2. Существует ли положительное влияние искусственного воспроизводства на динамику численности популяции.

3. Какое число рыб от потомства, появившегося от одного нереста пары производителей, доживает до половой зрелости.

4. Степень соответствия расчётной и фактической выживаемости молоди.

5. На сколько возврат производителей от начальной численности личинок соответствует действительности.

**Проверка действующих коэффициентов промыслового возврата.** Для сопоставления действующих [Методика исчисления..., 2020<sup>1</sup>] и ранее использовавшихся [Временная методика..., 1989<sup>2</sup>] коэффициентов были привлечены данные по искусственному воспроизводству обского муксуна в 1986-2011 гг. В эти годы объёмы зарыбления молодью массой 0,5-3,0 г варьировали от 0,3 до 13,1 млн экз., в среднем составляя 4,8 млн экз.; средняя выживаемость составляла 40,9%. Исходя из ранее действовавших коэффициентов, ожидаемый

промысловый возврат должен был в среднем составить 162,3 т (табл. 2). Однако желаемый результат так и не был достигнут. Численность муксуна ежегодно сокращалась и в 2014 г. был введён запрет на его промысел.

Результаты свидетельствуют, что нисходящий устойчивый тренд в уловах не зависел от проводимых работ по искусственному воспроизводству. При этом с 2005 г. теоретическая ожидаемая доля в уловах рыбоводного муксуна возрастала (рис. 1). Фактический улов муксуна и его вылов на усилие (улов на сеть), как индекс численности не подтверждали этого события,

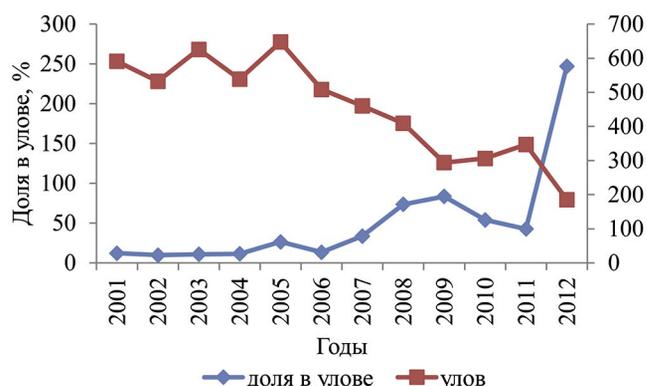


Рис. 1. Динамика фактических уловов и ожидаемая доля в улове рыбоводного муксуна в 2001-2012 гг.

Fig. 1. Dynamics of actual catches and expected share of farmed muksun in the catch in 2001-2012

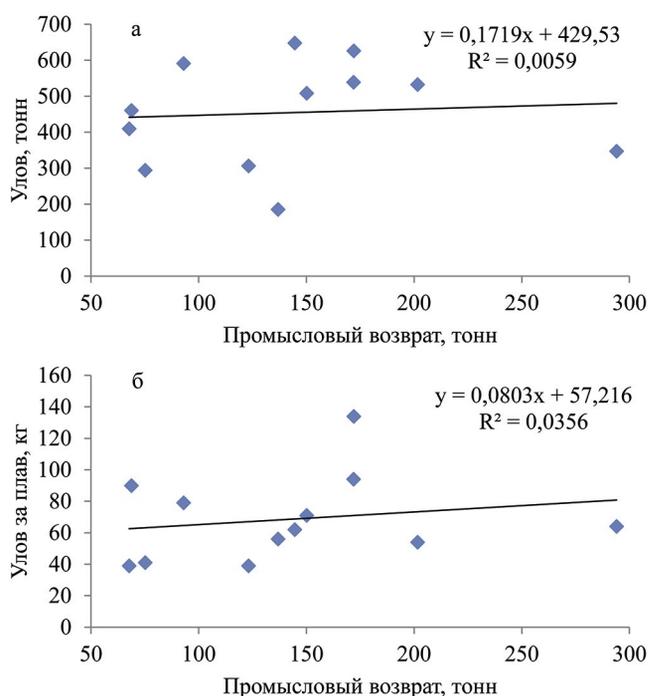


Рис. 2. Зависимость вылова (а) и улова на усилие (б) муксуна от промыслового возврата в 2001-2012 гг.

Fig. 2. Dependence of catch (a) and catch per effort (b) of muksun on commercial return in 2001-2012

поскольку не имели выраженной зависимости с величиной промыслового возврата (рис. 2).

Аналогичную проверку коэффициентов можно выполнить и по другим критериям, сравнив, например, расчётные значения выживаемости (табл. 3) с имеющимися литературными и фондовыми данными (табл. 4). Кроме муксуна анализируем такие виды как нельма (*Stenodus leucichthys nelma* (Pallas, 1773)), чир (*Coregonus nasus* (Pallas, 1776)), пелядь (*C. peled* (Gmelin, 1789)), сиг-пыжьян (*C. lavaretus pidschian* (Gmelin, 1788)), байкальский омуль (*C. migratorius*

(Georgi, 1775)), сибирская ряпушка (*C. sardinella Valenciennes, 1848*), баунтовский сиг (*C. lavaretus baunti* (Muchomedijarov, 1948)).

Результаты свидетельствуют, что средняя выживаемость молоди сиговых от зарыбления личинок составляет 44,1%. Близкая выживаемость получена и на основе действующих коэффициентов промыслового возврата, что нельзя сказать о коэффициентах 1989 г. (см. табл. 3). Существующее искажение выживаемости сказалось на результатах определения числа рыб в потомстве от одного нереста пары

**Таблица 3.** Расчётная по коэффициентам промыслового возврата выживаемость (%) от личинки до молоди навеской 0,5 г и 1,5 г разных видов сиговых рыб

**Table 3.** Calculated survival rate from larvae to juveniles of 0.5 g and 1.5 g based on commercial return coefficients

Вид	Временная методика, 1989 <sup>2</sup>		Методика исчисления ..., 2020 <sup>1</sup>	
	до 0,5 г	до 0,5 г	до 0,5 г	до 1,5 г
Муксун	8,89	56,67	56,67	44,74
Нельма	13,75	56,62	56,62	45,03
Чир	14,17	66,99	66,99	53,91
Средняя	12,27	60,09	60,09	47,89

**Таблица 4.** Выживаемость молоди сиговых в различных водоёмах от зарыбленной личинки

**Table 4.** Survival rate of whitefish juveniles in various water bodies from stocked larvae to juveniles of 0.5 g and 1.5 g

Вид	Водный объект	Сутки/сезон	Масса молоди, г	Выживаемость, %	Источник
Пелядь	озера Карелии	-/осень	20	50	Горбунова и др., 1969
	Бельские пруды	170/осень	3,4-7,5	41	Дзюменко, Дзюменко, 1981
	оз. М. Сартлан	-/осень	2,5-12,8	30-47	Егоров и др., 2010
	озера юга Тюменской обл.	-/осень	40-90	30-70	Ирискина и др., 1985
	оз. Нарыгын-Тор	150/осень	105	34-38	Сергиенко и др., 1985
	оз. Урюм	-/осень	11,4	33	Визер, Ростовцев, 2011
	оз. Урюм	-/осень	35	60	Визер, Ростовцев, 2011
	оз. Урюм	-/осень	56,1	74	Визер, Ростовцев, 2011
	отного Глухая	67/лето	15,3	48	Егоров и др., 2016
	оз. М. Сартлан	68/лето	11,2	41	Егоров и др., 2016
Омуль	Бельские пруды	103/осень	2,8-4,3	45	Дзюменко, Дзюменко, 1981
	оз. Урюм	-/осень	18,6	60	Визер, Ростовцев, 2011
	оз. Саган-Нур	-	-	50	Семенченко, 2000
Сиг-пыжьян	пруды Ропши	-/осень	19-36	29-30	Буланов и др., 1985
Муксун, пелядь	оз. Урюм	-/осень	19-56	33-74	Визер, 2010
Муксун	рыбопитомники Оби	30-60	0,5-3,0	11-64	Х-М отдел (фонды), 1986-2011
		-	0,5	35-64	Мамонтов и др., 2000
Ряпушка	оз. Урюм	-/осень	8,5	19	Визер, Ростовцев, 2011
Баунтовский сиг	Малогорский пруд	-/осень	7,4	30	Анпилова, 1967

производителей, достигающих половой зрелости, а также – на величине возврата производителей от начальной численности личинки. По коэффициентам 1989 г. от потомства, появившегося от одного нереста пары производителей муксуна до половой зрелости при 30%-ном изъятии должно доживать 9 особей (табл. 5), что является очень высокой величиной, так как в этом случае рост популяции будет происходить в геометрической прогрессии. Аналогичная оценка по коэффициентам 2020 г. [Методика исчисления ..., 2020<sup>1</sup>] составляет 4 особи, что с учётом наличия пропуска нереста [Москаленко, 1958] и преобладанием самцов в нерестовом стаде [Дрягин, 1948], является более реалистичным. Однако современное изъятие гораздо выше 30%, поэтому восстановления численности не происходит.

В настоящее время имеется многолетний материал по возврату производителей байкальского омуля от начальной численности личинок [Семенченко, 2018]. Поскольку возраст наступления половой зрелости у байкальского омуля и обского муксуна в значительной мере совпадают, то можно сравнить расчётные значения возврата по муксуну с фактическими данными по байкальскому омулю. Результаты свидетельствуют, что по коэффициентам 2020 г. имеется существенное сходство с оценками по омулю, в то время как расчёты по коэффициентам 1989 г. подтверждают их завышение (табл. 6). О завышении свидетельствует тот факт, что самый высокий возврат производителей омуля отмечался в период его минимальной численности в 1946-1956 гг. и составлял 0,249%.

**Использование коэффициентов промыслового возврата для оценки объёмов ННН-промысла.** По многолетним данным фонда отложенной икры можно определить, как изменялся промысловый возврат от икры. Зная его снижение, приходящееся на одну самку, можно ориентировочно рассчитать объём ННН-промысла по отношению к заранее выбранному эталонному периоду с относительно невысоким уровнем сокрытия уловов. Возможность такого анализа связана с тем, что изначально поколение в виде фонда отложенной икры присутствует в водоёме и должно гарантировать определённый вылов, но потом по факту этого не происходит. Иными словами, поколение не реализует свои возможности в виде ожидаемого улова.

Расчёт ННН-вылова можно продемонстрировать на примере обского муксуна, максимальные уловы которого достигали 3 тыс. т. В качестве эталонного был принят период с 1970 по 1985 гг. (рис. 3). В эталонный период средний коэффициент промыслового возврата от икры составил 0,0050%, и от потомства одной самки, при средней плодовитости в 50 тыс. икринок, вылавливали 2,51 экз. В период интенсивного влияния ННН-промысла (1990-2008 гг.) коэффициент промыслового возврата снизился до 0,0026% и от одной самки в уловах регистрировали только 1,32 экз., т. е. среднее недоучтённое изъятие, приходящееся на одну нерестовую самку, составляло 1,19 экз. или 47% от возможного вылова. При этом распределение браконьерского вылова по годам было неравномерным и в этом можно убедиться, если аналогичные расчёты выполнить для каждой генерации отдельно, а затем определить ННН-изъятие в целом по году.

**Таблица 5.** Определение количества особей муксуна, достигающих половой зрелости в потомстве от одного нереста пары производителей, рассчитанных по двум методикам оценки коэффициентов

**Table 5.** Determination of the number of muksun individuals reaching sexual maturity in the offspring of a pair of producers, calculated using two methods for assessing the coefficients

Год выхода методики	От икры до личинки		От личинки до молоди, навеской 0,5 г		Улов, экз.	Число рыб, достигающих половой зрелости, экз.
	выживаемость, %	Н, экз.	выживаемость, %	Н, экз.		
2020	7,06	3529	56,67	2000	1,8	4,2
1989	5,00	2500	8,89	222	4,0	9,3

*Примечание.* Принималось, что до наступления половой зрелости изымается порядка 30% численности рыб генерации и коэффициент последующего использования запаса составляет 0,3. Средняя плодовитость муксуна принималась равной 50 тыс. икринок.

**Таблица 6.** Возврат производителей муксуна и байкальского омуля от начальной численности личинки

**Table 6.** Return of muksun and Baikal cisco producers from the initial number of larvae

Водный объект	Период, годы	Источник	Вид	Возврат, %
р. Обь	1969-2015	Методика исчисления ..., 2020 <sup>1</sup>	муксун	0,119
		Временная методика ..., 1989 <sup>2</sup>		0,372
оз. Байкал	1936-2004	Семенченко, 2018	омуль	0,125

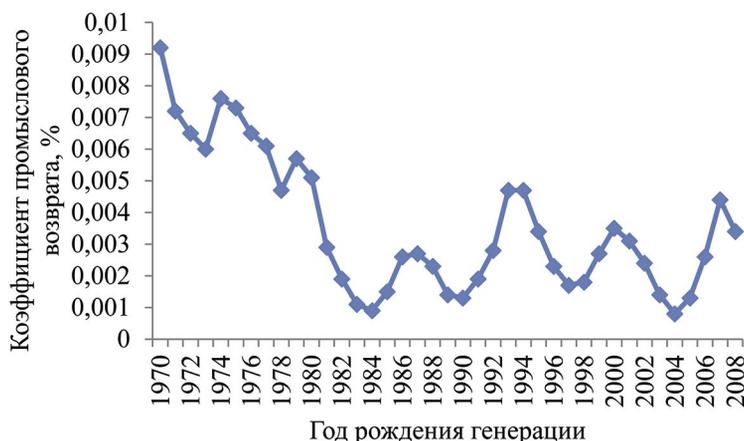


Рис. 3. Зависимость коэффициента промыслового возврата муксуна от фонда отложенной икры в 1970-2008 гг.

Fig. 3. Dependence of the coefficient of commercial return of muksun from the stock of deposited eggs in 1970-2008

Результаты свидетельствуют, что с 1999 г. неучтённый вылов ежегодно превышал официальный (рис. 4). Впервые ННН-промысел превысил официальный в 1999 г. Средняя величина ННН-вылова за период

промыслового возврата зависит от суммарного вылова генерации и её численности, то его значения могут изменяться в зависимости от урожайности поколений и уровня их эксплуатации. Поскольку урожайность генераций муксуна тесно связана с предшествующим благоприятным гидрологическим режимом [Матковский, 2006], то в годы высокой водности значения коэффициента промыслового возврата от икры повышаются (рис. 5).

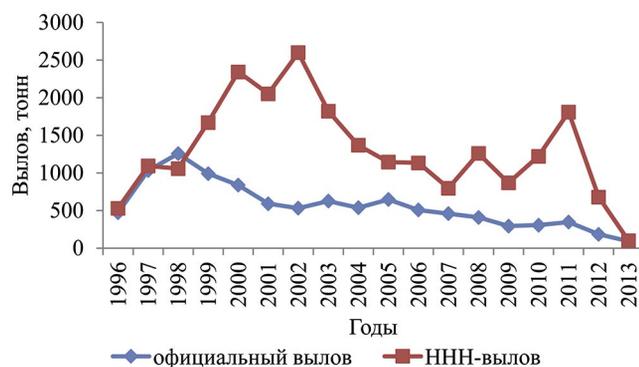


Рис. 4. Динамика официального и ННН-вылова обского муксуна в 1996-2013 гг.

Fig. 4. Dynamics of official and IUU catch of Ob muksun in 1996-2013

1999-2005 гг. составляла 1858 тонн. В отдельные годы ННН-вылов превышал официальный в 4-5 раз. Причём, представленные оценки не могут быть завышенными, поскольку в эталонный период также существовал ННН-вылов. Рассмотренная ситуация с увеличением интенсивности промысла привела к подрыву запаса муксуна. Важно отметить, что запас был подрван за период равный продолжительности жизни всего одной генерации (15-18 лет), а для восстановления биоресурса потребуются многие десятилетия [Матковский, 2021].

**Зависимость коэффициента промыслового возврата от условий естественного воспроизводства рыб и фонда отложенной икры.** Поскольку коэффициент

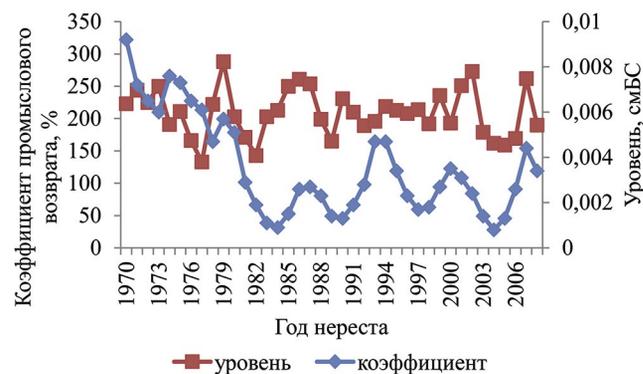


Рис. 5. Зависимость коэффициента промыслового возврата (от икры) муксуна от среднего годового уровня воды в створе Обь-Салехард за период 1970-2006 гг.

Fig. 5. Dependence of the coefficient of commercial return of muksun (from eggs) on the average annual water level in the Ob-Salekhard section for the period 1970-2006

Связь между фондом отложенной икры и последующей численностью молоди не всегда носит пропорциональный характер, и в отдельные годы может иметь даже обратную зависимость (рис. 6), что как раз объясняется влиянием условий среды на формирование новых генераций [Никольский, 1965; Засосов, 1970]. Поэтому необязательно, что высокий фонд отложенной икры будет гарантировать многочисленное

потомство. Однако, в свою очередь, высокая численность молоди увеличивает последующую численность производителей, что положительно сказывается на фонде икры.

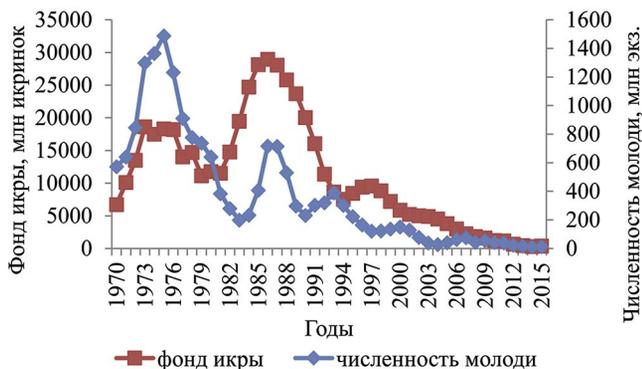


Рис. 6. Динамика фонда отложенной икры и численности молоди муксуна массой 1,5 г в 1970-2016 гг.

Fig. 6. Dynamics of the stock of deposited eggs and the number of juvenile muksun weighing 1.5 g in 1970-2016

**Использование коэффициентов промыслового возврата для регулирования рыболовства.** Связь коэффициента с уровнем естественного воспроизводства вида позволяет получать важную информацию для регулирования рыболовства. Между численностью молоди муксуна и последующим суммарным выловом генерации существует прямолинейная зависимость (рис. 7). Тем не менее, коэффициент промыслового возврата снижается с увеличением численности поколения и зависимо от него улова (рис. 8-9). Причём, численность является более приоритетным фактором. Коэффициент детерминации в первом случае (рис. 8) был выше, чем во втором (рис. 9). Таким образом, уровень изъятия генерации со снижением

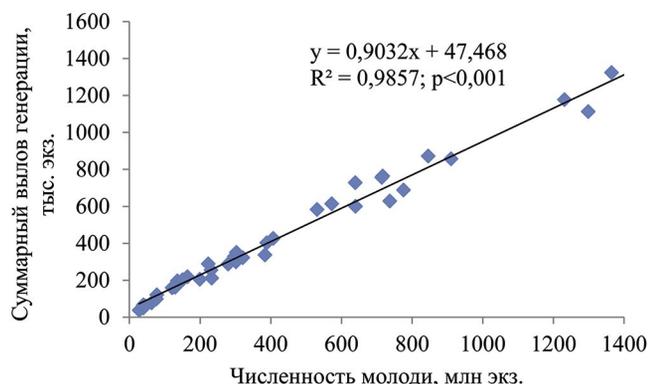


Рис. 7. Зависимость суммарного вылова генераций муксуна от начальной численности молоди массой 1,5 г

Fig. 7. Dependence of the total catch of muksun generations on the initial number of juveniles weighing 1.5 g

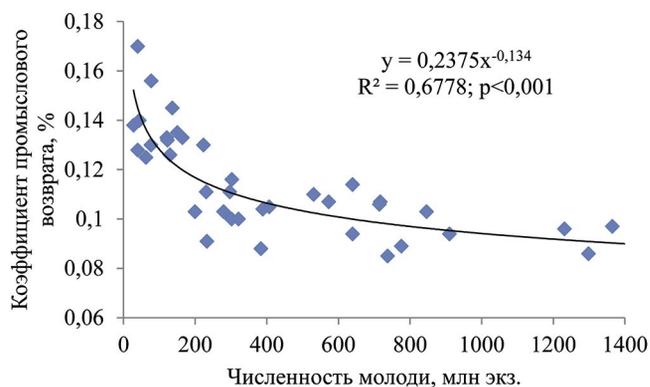


Рис. 8. Зависимость коэффициента промыслового возврата от начальной численности молоди муксуна массой 1,5 г

Fig. 8. Dependence of the coefficient of commercial return on the initial number of juvenile muksun weighing 1.5 g

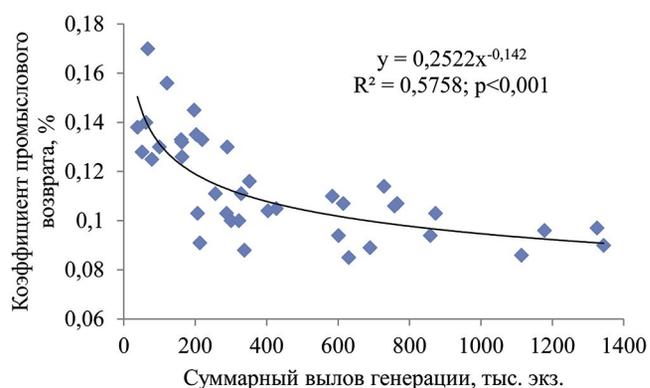


Рис. 9. Зависимость коэффициента промыслового возврата молоди муксуна массой 1,5 г от суммарного вылова генерации

Fig. 9. Dependence of the coefficient of commercial return of juvenile muksun weighing 1.5 g on the total catch of the generation

численности молоди возрастает, что и далее ухудшает состояние естественного воспроизводства муксуна.

Исходя из многолетней динамики изменения коэффициента промыслового возврата (рис. 10) с учётом выявленных зависимостей (рис. 7-9) следует, что запрет промысла муксуна должен вводиться при следующих условиях: увеличении коэффициента выше 0,13, уменьшении промысловой численности запаса до 4,5 млн экз., снижения численности молоди массой 1,5 г до 200 млн экз. и суммарного вылова генерации до 300 тыс. экз. Такая ситуация отмечена для поколения 1995 года рождения с численностью молоди 1,5 г равной 222,7 млн экз. Исходя из анализа состояния промысловой численности запрет на промысел муксуна мог быть введён в 1998 г., а не в 2014 г., то есть охранные меры запоздали более чем на 15 лет. Хотя из уровня ННН-промысла (рис. 4) этот запрет ничего не решил.



**Рис. 10.** Многолетняя динамика коэффициента промыслового возврата от молоди муксуна массой 1,5 г в период 1970-2008 гг.

**Fig. 10.** Long-term dynamics of the coefficient of commercial return from juvenile muksun weighing 1.5 g in the period 1970-2008

Следует отметить, что коэффициент промыслового возврата муксуна начал постепенно возрастать с середины 1980-х гг. и – после 1994 г., когда уровень воспроизводства существенно снизился, высокая интенсивность промысла продолжала сохраняться, о чём свидетельствуют возросшие значения коэффициентов. При этом влияние оказывалось уже на сравнительно малочисленные нерестовые стада, тем самым окончательно подрывая естественное воспроизводство.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследования свидетельствуют о важности правильного определения коэффициентов промыслового возврата, поскольку это позволяет получить много дополнительной информации о состоянии биоресурса и оказываемом на него воздействии. Полученные результаты подтвердили обоснованность замены ранее действовавших коэффициентов (рис. 1), так как их применение создавало искажённое представление о восстановлении запаса муксуна (табл. 1), хотя вид продолжал сокращать свою численность (рис. 2). В итоге из-за возросшей интенсивности промысла и значительного браконьерского изъятия (рис. 4) к 2012 г. запас муксуна был подорван. В 2011 г. были изъяты последние многочисленные поколения муксуна. Начиная со второй половины 1990-х гг. перестал соблюдаться режим рыболовства. Сохранить биоресурс не позволила даже разработка сравнительно щадящего общего допустимого улова (ОДУ) на основе продукции выживших рыб [Матковский, 2001, 2018; Руденко, 2015; Меншуткин, Егорова, 2015].

В период с 1994 по 2008 гг. производители муксуна до нерестилищ практически не доходили, по-

сколькукратно возросла промысловая смертность, которая и так была сравнительно высокой – 33,6% [Полымский, 1986]. Начиная с 1998 г. численность популяции, особенно нерестовой её части, неуклонно снижалась. Генерации муксуна, начиная с 1995 года рождения испытывали повышенный уровень эксплуатации. Результаты полностью подтвердили ранее сделанные выводы [Крохалевский, Матковский, 2015; Матковский, 2019] о необходимости, наряду с объёмами ОДУ, регулировать и интенсивность промысла путём ограничения мест, сроков и количества орудий лова.

Динамика коэффициентов промыслового возврата наглядно проиллюстрировала, каким образом происходит подрыв запаса в условиях отсутствия соблюдения режима рыболовства и формального регулирования промысла с помощью ОДУ. На первом этапе происходит существенное сокращение численности нерестовых стад, а на втором, поскольку высокая интенсивность промысла сохраняется, также быстро снижается численность потомства. Как следствие, для нарушения нормального функционирования популяции достаточно повышенная интенсивность промысла на протяжении жизни одной генерации.

Ответ на вопрос, почему коэффициент промыслового возврата отражает происходящие изменения как в интенсивности промысла, так и в уровне естественного воспроизводства содержится в уравнении 1. Если вместо численности молоди подставить начальную промысловую численность или численность молоди, умноженную на коэффициент выживаемости, то коэффициент будет характеризовать уровень использования запаса ( $F/Z$ ), выраженный в процентах, что следует из уравнения Ф.И. Баранова [1918]. Таким образом, если в уравнении 1 числитель и знаменатель умножить на коэффициент выживаемости, то оно примет следующий вид:

$$k = \frac{sF}{Z} 100,$$

где  $s$  – коэффициент выживаемости молоди до возраста вступления в промысел. Поскольку выживаемость рыб до вступления в промысел определяется естественной смертностью и средняя ее величина не сильно варьирует, то основным фактором, от которого зависит коэффициент промыслового возврата, является уровень использования запаса. Поскольку у малочисленных поколений выживаемость более низкая, то это подтверждает факт увеличения их промыслового изъятия в период подрыва запаса.

Обратная связь между коэффициентом промыслового возврата и численностью молоди (рис. 8) установлена не только для муксуна, но и для других ви-

дов и бассейнов [Пятикопова и др., 2017; Семенченко, 2018]. Такая ситуация обуславливается высокой интенсивностью промысла при снижении численности генераций, поэтому единственным путём сохранения популяций является внесение соответствующих изменений в правила рыболовства, а также создание охранных заповедных акваторий.

Поскольку коэффициент отражает уровень использования запаса через численность потомства, то можно определить границу значения коэффициента, когда степень эксплуатации не превышает допустимого значения. Например, для молоди муксуна массой 1,5 г это 0,105% (рис. 10). Данное значение регистрировалось в 1985 г.

Поскольку численность молоди определённым образом зависит от численности родительского стада, то коэффициент может служить одним из биолого-промысловых ориентиров регулирования рыболовства. Результаты свидетельствуют, что для рационального промысла ежегодно можно изымать лишь определённую часть генерации, которая наряду с другими последующими уловами не позволит превысить общего допустимого изъятия для всех лет промысла, но, к сожалению, на практике реализовать такое дифференцированное селективное изъятие крайне сложно.

Положительным качеством рассматриваемых коэффициентов является возможность их проверки. При этом наиболее надёжным показателем служит коэффициент выживаемости (уравнение 2), поскольку от него зависит численность биоресурса. Из уравнения следует, что чем ниже предшествующая выживаемость, тем ниже численность на начало периода  $i$  и тем выше коэффициент промыслового возврата, то есть между показателями существует обратная связь. Связь выживаемости с коэффициентом можно проанализировать и по отдельным периодам жизненного цикла молоди. Поэтому построение зависимостей изменения выживаемости от фонда отложенной икры до годовалого возраста при известной скорости роста молоди служит удобным инструментом для определения входных данных для расчёта численности молоди разных возрастов и массы [Матковский, 2017].

Коэффициенты промыслового возврата зависят не только от предшествующей, но и от текущей выживаемости рыб. У многочисленных генераций, появляющихся в благоприятных условиях воспроизводства и имеющих более высокую выживаемость [Матковский, 2023] суммарный вылов увеличивается (рис. 7). Однако при этом коэффициент промыслового возврата, а, следовательно, и уровень эксплуатации не сильно возрастают (рис. 9), что подтверждает высо-

кую значимость многочисленных генераций в восстановлении численности популяций.

Выполненное тестирование показало, что действующие в настоящее время коэффициенты [Методика исчисления ..., 2020<sup>1</sup>], дают объективное представление о выживаемости молоди сиговых рыб. Поскольку корректность оценок зависит не только от правильного учёта выживаемости, но и начальной численности, то особый интерес представляет тест-анализ от средней плодовитости рыб, так как в этом случае присутствуют оба критерия. При использовании в искусственном воспроизводстве коэффициентов, разработанных на естественных популяциях, следует учитывать, что рыболовная молодь должна быть полностью адаптирована к условиям естественной среды обитания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент промыслового возврата отражает уровень использования генерации промыслом при условии учёта выживаемости особей до возраста пополнения. Коэффициенты промыслового возврата могут применяться для решения следующих практических задач:

1. Прогнозирования ожидаемого вылова.
2. Определения изменения интенсивности промысла и уровня естественного воспроизводства.
3. В качестве критерия регулирования интенсивности рыболовства, запрета промысла и восстановления биоресурса.
4. Оценки эффективности работ по искусственному воспроизводству.
5. Определения объёмов ННН-промысла.

Широкий спектр применения коэффициента обуславливается содержанием и извлечением из него четырёх параметров: численности, накопленного улова, выживаемости и уровня эксплуатации. Положительными свойствами коэффициента являются установление его на фактических данных, возможность проверки и прогнозирования результатов.

Коэффициент чувствителен к интенсивности промысла и к изменению уровня естественного воспроизводства. Чем ниже уровень воспроизводства, тем выше полнота изъятия малочисленных генераций и тем сложнее восстанавливать биоресурс.

В периоды благополучного состояния запасов значения коэффициентов соответствуют неким относительным величинам нормы реакции популяции на оказываемое воздействие. Для каждого биоресурса можно определить граничную величину коэффициента, исключающую чрезмерное воздействие на запас.

## Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

## Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»).

## ЛИТЕРАТУРА

- Анпилова В.И. 1967. Биология и разведение баунтовского сига *Coregonus lavaretus baunti* // Известия ГосНИОРХ. Т. 63. С. 74-123.
- Баранов Ф.И. 1918. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Известия отделения рыбководства и научно-промысловых исследований. Т. 1. С. 84-128.
- Богданов В.Д. 2023. Разработка комплексной Программы воспроизводства ценных видов сиговых рыб в Обь-Иртышском рыбохозяйственном районе // II Лавёровские чтения Арктика: актуальные проблемы и вызовы. Сб. научн. мат. Всерос. конф. с межд. участием, Архангельск. 13-17 ноября 2023 года. Архангельск: Типография № 2. С. 514-518.
- Буланов Д.П., Головкина Т.А., Ефимов М.В., Леонов А.Г. 1985. Выращивание сеголеток сига-пыжьяна в прудах Северо-Запада // Тез. докл. III Всес. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб (ноябрь 1985 г., г. Тюмень). Тюмень. С. 256-259.
- Визер А.С. 2010. Опыт выращивания молоди сиговых для зарыбления озера Чаны // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Мат. VII межд. научн.-произв. совещ. (Тюмень, 16-18 февраля 2010 года). Тюмень: Госрыбцентр. С. 207-210.
- Визер Л.С., Ростовцев А.А. 2011. Опыт использования озера-спутника Урюм для организации пастбищного рыбководства на оз. Чаны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. № 1(217). С. 82-87.
- Горбунова З.А., Дмитренко Ю.С., Рыжков Л.П. 1969. Рыбоводство на малых озёрах Карелии. Петрозаводск: Карелия. 64 с.
- Дзюменко Н.Ф., Дзюменко З.М. 1981. Опыт выращивания молоди омуля и пеляди в Бельских прудах (Иркутская область) // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ. Вып. 172. С. 55-65.
- Дрягин П.А. 1948. Промысловые рыбы Обь-Иртышского бассейна // Известия ГосНИОРХ. Т. 25. Вып. 2. С. 3-105.
- Егоров Е.В., Ростовцев А.А., Зайцев В.Ф. 2010. Современное состояние и перспективы сиговодства на юге Западной Сибири // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Мат. VII межд. научн.-произв. совещ. (Тюмень, 16-18 февраля 2010 года). Тюмень: Госрыбцентр. С. 137-140.
- Егоров Е.В., Прусевич Л.С., Кабиев Т.А., Поздняк И.В. 2016. Выращивание товарной рыбы в оз. Сартлан // Биология биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Мат. IX межд. научн.-произв. совещ. (Тюмень, 1-2 декабря 2016 года). Тюмень: Госрыбцентр. С. 28-30.
- Засосов А.В. 1970. Теоретические основы рыболовства. М.: Пищ. пром-ть. 292 с.
- Ирискина Т.А., Ниязов Н.С., Шеренкова И.П. 1985. Методы выращивания сиговых рыб в заморных озёрах Тюменской области // Тез. докл. III Всес. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб (ноябрь 1985 г., г. Тюмень). Тюмень: Облстат. С. 285-287.
- Крохалевский В.Р., Матковский А.К. 2015. Проблемы управления промыслом с помощью ОДУ и квот вылова в водоемах Сибири // Вопросы рыболовства. Т. 16. № 4. С. 506-522.
- Мамонтов Ю.П., Гелецкий Н.Е., Литвиненко А.И., Палубис С.Э., Печников А.С., Чебанов М.С. 2000. Искусственное воспроизводство промысловых рыб во внутренних водоёмах России. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. 288 с.
- Матковский А.К. 2001. Алгоритмы метода «восстановленного запаса рыб» для изучения изменения промыслового запаса и прогнозирования общедопустимых уловов (ОДУ) на примере обского чира (*Coregonus nasus*) // Биология, биотехника разведения и промышленного выращивания сиговых рыб. Мат. VI Всерос. научн.-произв. совещ. Тюмень: СибрыБИИпроект. С. 95-98.
- Матковский А.К. 2006. Основные закономерности динамики численности муксуна *Coregonus muksun* р. Обь // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 3(27). С. 505-521.
- Матковский А.К. 2017. Один из способов определения приёмной ёмкости водных объектов на примере рыб Обь-Иртышского бассейна // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 3. С. 383-395.
- Матковский А.К. 2018. Необходимость учёта селективности промысла при реализации концепции устойчивого улова // Рыбохозяйственные водоёмы России фундаментальные и прикладные исследования. II Всерос. научн. конф. с межд. участием (2-4 апреля 2018 г. Санкт-Петербург). Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. С. 265-270.
- Матковский А.К. 2019. Причины сокращения запасов полупроходных сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна // Вестник рыбохоз. науки. Т. 6. № 1(21). С. 27-48.
- Матковский А.К. 2021. Определение эффективности работ по искусственному воспроизводству пеляди *Coregonus peled* в Обь-Иртышском бассейне // Рыбное хозяйство. № 4. С. 53-60. DOI: 10.37663/0131-6184-2021-4-53-60.
- Матковский А.К. 2023. Изучение естественной смертности у муксуна и пеляди р. Обь путем построения зависимостей убыли численности генераций // Биология внутренних вод. № 3. С. 407-419. DOI: 10.31857/S0320965223030154.
- Меншуткин В.В., Егорова Н.А. 2015. Применение имитационного моделирования при оценке общего допустимого улова // Вопросы рыболовства. Т. 16. № 3. С. 367-375.

- Никольский Г.В. 1965. Теория динамики стада рыб. М.: Наука. 382 с.
- Полымский В.Н. 1986. Естественная и промысловая смертность полупроходных сиговых рыб Обского бассейна в период анадромной миграции // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Вып. 243. С. 30-33.
- Пятикопова О.В., Войнова Т.В., Распопов В.М. 2017. Оценка промыслового возврата сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* в реке Волга в 2010-2014 гг. // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 2. С. 259-264.
- Руденко Г.П. 2015. Способ определения общего допустимого улова рыбы и влияние интенсивности промысла на продукционные показатели популяции рыб (методическое руководство). Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. 34 с.
- Семенченко С.М. 2000. Способ стимуляции вылупления личинок сиговых рыб // Искусственное воспроизводство промысловых рыб во внутренних водоёмах России. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. С. 212-216.
- Семенченко С.М. 2018. Эффективность искусственного воспроизводства посольской популяции байкальского омуля *Coregonus migratorius* // Вестник рыбохоз. науки. Т. 5. № 2(18). С. 4-23.
- Сергиенко Л.Л., Каргополов В.Б., Кугаевская Л.В. 1985. Способы подращивания личинок сиговых для зарыбления нагульных водоёмов // Тез. докл. III Всес. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб (ноябрь 1985 г., г. Тюмень). Тюмень: ГВЦ Облстат. С. 348-351.
- Шибяев С.В. 2018. Формализация методики оценки промыслового возврата при искусственном воспроизводстве водных биоресурсов // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 2. С. 247-264.
- scientific and production meeting. (Tyumen, February 16-18, 2010). Tyumen: Gosrybtcentr. P. 207-210. (In Russ.).
- Vizer L. S., Rostovtsev A.A. 2011. Experience of using the satellite lake Uryum for organizing pasture fish farming on the lake. Chany // Siberian Bulletin of Agricultural Science. № 1(217). P. 82-87. (In Russ.).
- Gorbunova Z.A., Dmitrenko Yu.S., Ryzhkov L.P. 1969. Fish farming on small lakes of Karelia. Petrozavodsk: Karelia Publishing House. 64 p. (In Russ.).
- Dzyumenko N.F., Dzyumenko Z.M. 1981. Experience of growing juvenile Baikal cisco and peled in Belskie ponds (Irkutsk region) // Coll. scient. papers of GosNIORKh. V. 172. P. 55-65. (In Russ.).
- Dryagin P.A. 1948. Commercial fish of the Ob-Irtysh basin // Izvestiya GosNIORKh. V. 25. Iss/ 2. P. 3-105. (In Russ.).
- Egorov E.V., Rostovtsev A.A., Zaitsev V.F. 2010. Current state and prospects of whitefish farming in the south of Western Siberia // Biology, biotechnology of breeding and state of whitefish stocks. Proc. of the VII Intern. Scient. and Prod. Meeting. (Tyumen, February 16-18, 2010). Tyumen: Gosrybtcentr. P. 137-140. (In Russ.).
- Egorov E. V., Prusevich L. S., Kabiyev T.A., Pozdnyak I.V. 2016. Growing commercial fish in Lake Sartlan // Biology, Biotechnics, and Stock Status of Whitefish. Proc. of the IX Intern. Scient. and Produc. Meeting. (Tyumen, December 1-2, 2016). Tyumen: Gosrybtcentr. P. 28-30. (In Russ.).
- Zasosov A.V. 1970. Theoretical Foundations of Fisheries. Moscow: Food Industry. 292 p. (In Russ.).
- Iriskina T.A., Niyazov N.S., Sherenkova I.P. 1985. Methods of Growing Whitefish in Lakes of the Tyumen Region Subject to Fish Famines // Abstr. of the III All-Union Conf. on Biology and Biotechnics of Whitefish Breeding (November 1985, Tyumen). Tyumen: Oblstat. P. 285-287. (In Russ.).
- Krokhalevsky V.R., Matkovsky A.K. 2015. Problems of fisheries management using total allowable catches and catch quotas in Siberian water bodies // Voprosy rybolovstva. V. 16. № 4. P. 506-522. (In Russ.).
- Mamontov Yu.P., Gepetsky N.E., Litvinenko A.I., Palubis S.E., Pechnikov A.S., Chebanov M.S. 2000. Artificial reproduction of commercial fish in inland waters of Russia. St. Petersburg: GosNIORKh. 288 p. (In Russ.).
- Matkovsky A.K. 2001. Algorithms of the «restored fish stock» method for studying changes in commercial stocks and forecasting total allowable catches (TACs) using the Ob broad whitefish (*Coregonus nasus*) as an example // Biology, bioengineering of breeding and industrial cultivation of whitefish. Proc. of the VII All-Russ. Scient. and Production Conf. Tyumen: Sibrybllproect. P. 95-98. (In Russ.).
- Matkovsky A.K. 2006. Main patterns of population dynamics of muksun *Coregonus muksun* in the Ob River // Voprosy rybolovstva. V. 7, № 3 (27). P. 505-521. (In Russ.).
- Matkovsky A.K. 2017. One of the methods for determining the receiving capacity of water bodies using the Ob-Irtysh basin as an example of fish // Voprosy rybolovstva. V. 18, № 3. P. 383-395. (In Russ.).
- Matkovsky A.K. 2018. The Need to Consider Fishery Selectivity When Implementing the Sustainable Catch Concept //

## REFERENCES

- Anpilova V.I. 1967. Biology and breeding of the Baunt whitefish *Coregonus lavaretus baunti* // Izvestiya GosNIORKh. V. 63. P. 74-123. (In Russ.).
- Baranov F.I. 1918. On the question of the biological foundations of fisheries // News of the department of fish farming and scientific and commercial research. V.1. P. 84-128. (In Russ.).
- Bogdanov V.D. 2023. Development of a comprehensive program for the reproduction of valuable whitefish species in the Ob-Irtysh fishery region // II Laverov Readings Arctic: current problems and challenges. Coll. scient. papers of the All-Russ. conf. with intern. participation. Arkhangelsk, November 13-17, 2023. Arkhangelsk: Printing House № 2. P. 514-518. (In Russ.).
- Bulanov D.P., Golovkova T.A., Efimov M.V., Leonov A.G. 1985. Growing Humpback whitefish fingerlings in ponds of the North-West // Abstr. of the III All-Union Meeting on the Biology and Biotechnology of Whitefish Breeding (November 1985, Tyumen). Tyumen. P. 256-259. (In Russ.).
- Vizer A.S. 2010. Experience in growing whitefish juveniles for stocking Lake Chany / Biology, biotechnology of breeding and the state of whitefish stocks // Mat. of the VII intern.

- Fundamental and Applied Research on Fishery Reservoirs of Russia. II All-Russ. Scient. Conf. with Intern. Particip. (April 2-4, 2018, St. Petersburg). St. Petersburg: GosNIORKh. P. 265-270. (In Russ.).
- Matkovsky A.K.* 2019. Causes of the Decline in Semi-Admiral Whitefish Stocks in the Ob-Irtysh Basin // Bulletin of Fishery Science. V. 6. № 1 (21). P. 27-48. (In Russ.).
- Matkovsky A.K.* 2021. Determining the Efficiency of Artificial Reproduction of Peled *Coregonus peled* in the Ob-Irtysh Basin // Fisheries. № 4. P. 53-60. DOI: 10.37663/0131-6184-2021-4-53-60. (In Russ.).
- Matkovsky A.K.* 2023. Study of natural mortality in muksun and peled of the Ob River by constructing dependencies of generation abundance decline // Biology of inland waters. № 3. P. 407-419. DOI: 10.31857/S0320965223030154. (In Russ.).
- Menshutkin V.V., Egorova N.A.* 2015. Application of simulation modeling in assessing the total allowable catch // Voprosy rybolovstva. V. 16. № 3. P. 367-375. (In Russ.).
- Nikolsky G.V.* 1965. Theory of fish stock dynamics. Moscow: Nauka. 382 p. (In Russ.).
- Polymsky V.N.* 1986. Natural and commercial mortality of semi-anadromous whitefishes of the Ob basin during anadromous migration // Coll. of scient. papers GosNIORKh. V. 243. P. 30-33. (In Russ.).
- Pyatikopova O.V., Voinova T.V., Raspopov V.M.* 2017. Assessment of commercial return of black-backed shad *Alosa kessleri kessleri* in the Volga River in 2010-2014 // Voprosy rybolovstva. V. 18. № 2. P. 259-264. (In Russ.).
- Rudenko G.P.* 2015. Method for Determining the Total Allowable Catch of Fish and the Impact of Fishing Intensity on Fish Population Performance (Methodological Guide). St. Petersburg: GosNIORKh. 34 p. (In Russ.).
- Semenchenko S.M.* 2000. Method for Stimulating the Hatching of Whitefish Larvae // Artificial Reproduction of Commercial Fish in Inland Waters of Russia. St. Petersburg: GosNIORKh. P. 212-216. (In Russ.).
- Semenchenko S.M.* 2018. Efficiency of Artificial Reproduction of the Posolsk Population of Baikal cisco *Coregonus migratorius* // Bulletin of Fisheries Science. V. 5. № 2 (18). P. 4-23. (In Russ.).
- Sergienko L.L., Kargopolov V.B., Kugaevskaya L.V.* 1985. Methods for rearing whitefish larvae for stocking fattening reservoirs // Abstr. of the III All-Union Conf. on Biology and Biotechnics of Whitefish Breeding (November 1985, Tyumen). Tyumen. P. 348-351. (In Russ.).
- Shibaev S.V.* 2018. Formalization of the methodology for assessing commercial returns during artificial reproduction of aquatic bioresources // Voprosy rybolovstva. V. 19. № 2. P. 247-264. (In Russ.).

Поступила в редакцию 24.02.2025 г.  
Принята после рецензии 01.12.2025 г.