

ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ СПЕРМИЕВ В ЭЯКУЛЯТЕ СИГОВЫХ РЫБ COREGONIDAE В ТЕЧЕНИЕ НЕРЕСТОВОГО СЕЗОНА

Н. В. Смешливая, С. М. Семенченко

ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»
625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
nsmeshlivaya@mail.ru, SemSM07@yandex.ru

Приводятся данные о динамике концентрации спермиев в эякуляте тугуна *Coregonus tugun*, речной формы пеляди *C. peled*, сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian* и чира *C. nasus* в течение нерестового сезона на р. Ляпин (бассейн р. Северной Сосьвы, Ханты-Мансийский автономный округ). Максимальная концентрация спермиев наблюдается в начале перехода гонад самцов на V стадию развития, минимальная — при завершении V стадии. Средняя за нерестовой период концентрация спермиев в эякуляте речной пеляди составляет $(6,70 \pm 0,45)$ млрд шт./мл, в эякуляте чира и тугуна — $(5,19 \pm 0,33)$ и $(4,91 \pm 0,60)$ млрд шт./мл соответственно, сига-пыжьяна — $(4,26 \pm 0,37)$ млрд шт./мл.

Ключевые слова: сиговые рыбы; сперма; эякулят; концентрация спермиев; самцы; нерест.

Введение

Количество спермиев в единице объема эякулята является важным показателем качества половых продуктов самцов. Известно, что в течение нерестового периода объем единовременно продуцируемой порции эякулята у сиговых, как и у других видов рыб, меняется [1–3]. В ряде работ приведены значения концентрации спермиев некоторых сиговых рыб, выращенных в промышленных условиях на Северо-Западе России [4–9]. Однако сведения о динамике этого показателя в течение нерестового сезона в литературе отсутствуют.

Цель — отразить динамику концентрации спермиев в эякуляте сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна в течение нерестового сезона и оценить ее связь с объемом разовой порции эякулята.

Материал и методы исследования

Работы проводились на рыбноводном пункте «Рахтынья» (р. Ляпин — приток Северной Сосьвы, Обской бассейн) в октябре 2009 г. Материалом для исследования служили зрелые половые продукты самцов тугуна *Coregonus tugun*, речной пеляди *C. peled*, сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian* и чира *C. nasus*. Производителей сиговых отлавливали закидным неводом в период нерестового хода и выдерживали до созревания гонад в садках, установленных в старице Рахтынья в 11 км от устья р. Ляпин.

На рыбноводном пункте «Рахтынья» сбор икры сига-пыжьяна, речной пеляди и тугуна осуществляется экологическим методом, основанном на естественном нерестовом поведении [10], а чира — ручным. Для опытов сперму получали методом отцеживания «текучих» самцов (на V стадии зрелости гонад). Концентрацию спермиев определяли фотоэлектроколориметрическим методом [11] при помощи фотоэлектроколориметра (ФЭК) АРЕL-101. Светофильтр использовали с

длиной волны 420 нм. Разбавление спермы проводили в 100 раз. При измерении светопропускания раствора применяли вертикальную кювету размерами 10×10×45 мм. Объем раствора спермиев и воды в кювете составлял 2 мл. Связь коэффициента светопропускания с концентрацией спермиев была определена ранее [12].

Динамику концентрации спермиев в эякуляте в течение нерестового сезона оценивали параллельно с изучением динамики объема эякулята [3] в двух сериях опытов.

Цель первой серии опытов — оценка динамики концентрации спермиев в единовременно продуцируемой порции эякулята. В опытах измеряли концентрацию спермиев в эякуляте у самцов тугуна, речной пеляди, сига-пыжьяна и чира, выдерживаемых в садке и не принимающих участие в нересте в установках для экологического сбора икры или неиспользуемых для отцеживания спермы с целью осеменения икры при рыбоводных работах (чир). Интервал между взятием пробы спермы составлял от 1 до 8 дней. За период исследований пробы отбирались у тугуна 4 раза, у речной пеляди и чира — 5 раз, у сига-пыжьяна — 6 раз. Измерение объема эякулята было проведено у 37 особей тугуна, 52 экз. речной пеляди, 53 и 50 экз. сига-пыжьяна и чира соответственно. Экземпляры для проведения исследований вылавливали из садка по случайному признаку. Масса самцов тугуна находилась в пределах от 7,5 до 27,4 г, со средним значением 14,0 г; речной пеляди — в интервале от 258 до 780 г, со средним значением 366,8 г; сига-пыжьяна — от 150 до 714 г, со средней массой 298 г; чира — от 733 до 1821, средней массой 1250 г. Исследования проводили с первого октября по восьмое ноября. Данный период совпал у тугуна с периодом нереста до окончания V стадии зрелости семенников (с 1 по 14 октября), у речной пеляди и сига-пыжьяна — с периодом до начала нереста и после его окончания (с 3 октября по 8 ноября), у

чира — с начала V стадии зрелости семенников до периода массового сбора икры (с 13 октября по 8 ноября).

Целью второй серии являлась оценка влияния ежедневного отцеживания спермы на динамику концентрации спермиев в эякуляте. Практическое значение этого исследования — определение возможности ежедневного использования для осеменения икры в рыбоводном процессе одних и тех же самцов в случае их дефицита. Для опытов в отдельный садок было отсажено три самца чира: масса самца «А» составляла 914 г, самца «Б» — 1423 г, самца «В» — 733 г. В каждом из опытов с интервалом 24 ч измеряли объем порции эякулята и концентрацию спермиев в нем у конкретного самца. Общая продолжительность опытов с самцами «А», «Б» составляла 10 и 9 дней соответственно, с самцом «В» — 16 дней. Первую и вторую серии опытов проводили параллельно. В ходе выполнения опытов наблюдалось постепенное сезонное понижение температуры воды с 4,5 до 1,6 °С.

Результаты и их обсуждение

Как показали результаты первой серии опытов, динамика средней концентрации спермиев в эякуляте в течение нерестового сезона у исследованных видов сиговых рыб различна.

Тугун. В течение нерестового сезона средняя концентрация спермиев в эякуляте тугуна была не постоянна и зависела от среднего объема разовой порции эякулята. Между средними значениями концентрации спермиев и объема эякулята наблюдалась статистически достоверная прямая корреляция ($r = 0,87$; $P \geq 0,95$; $n = 4$). В частности, максимальная концентрация спермиев ($6,60 \pm 1,22$) и ($6,82 \pm 1,03$) млрд шт./мл отмечалась в период с 1 по 6 октября при наибольшем объеме эякулята (рис. 1). После завершения нерестового периода 14 октября концентрация спермиев в эякуляте снизилась в 5 раз до ($1,34 \pm 0,34$) млрд шт./мл.

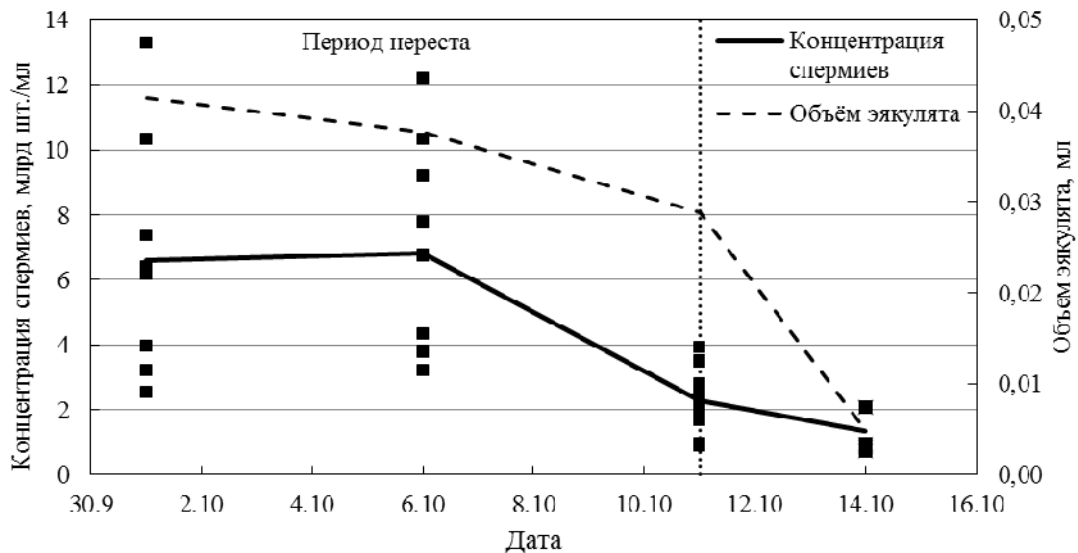


Рисунок 1 — Динамика концентрации спермиев и объема разовой порции эякулята у тугуна на рыбоводном пункте «Рахтынья» в течение нерестового сезона, 2009 г.

Речная пелядь. Между средними значениями концентрации спермиев и объема эякулята у речной пеляди в течение нерестового сезона наблюдалась ярко выраженная, но статистически недостоверная отрицательная корреляция ($r = -0,70$; $P < 0,95$; $n = 5$). Данную зависимость определила первая выборка, сделанная до начала нереста 3 октября. При минимальном среднем

объеме порции эякулята $0,25$ мл наблюдалась максимальная средняя концентрация спермиев — $(9,37 \pm 1,17)$ млрд шт./мл. В период нереста 10–23 октября средняя концентрация была в пределах от $(6,35 \pm 0,63)$ до $(7,41 \pm 1,30)$ млрд шт./мл. После окончания нереста средняя концентрация спермиев в выборке из четырех самцов составляла $(5,30 \pm 2,28)$ млрд шт./мл (рис. 2).

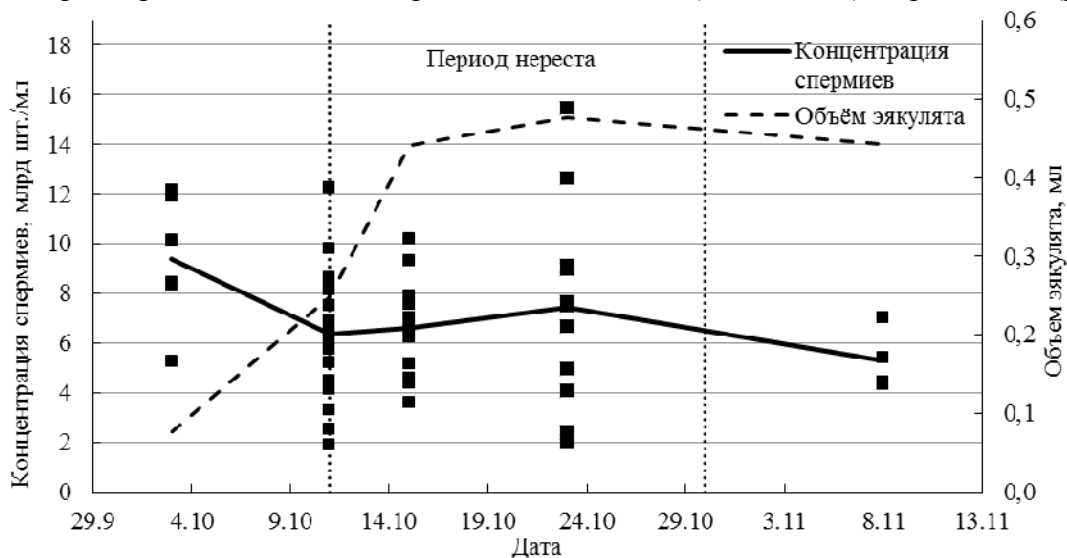


Рисунок 2 — Изменение концентрации спермиев и объема эякулята у речной пеляди на рыбоводном пункте «Рахтынья» в течение нерестового сезона, 2009 г.

Сиг-пыжьян. Средняя концентрация спермиев в эякуляте сига-пыжьяна в течение периода исследования находилась в пределах от $(2,83 \pm 0,47)$ до $(6,77 \pm 0,97)$ млрд шт./мл, при среднем значении $(4,31 \pm 0,59)$ млрд

шт./мл (рис. 3). Средняя концентрация спермиев от среднего объема эякулята зависела слабо положительно и статистически недостоверно ($r = 0,40$; $P < 0,95$; $n = 6$).

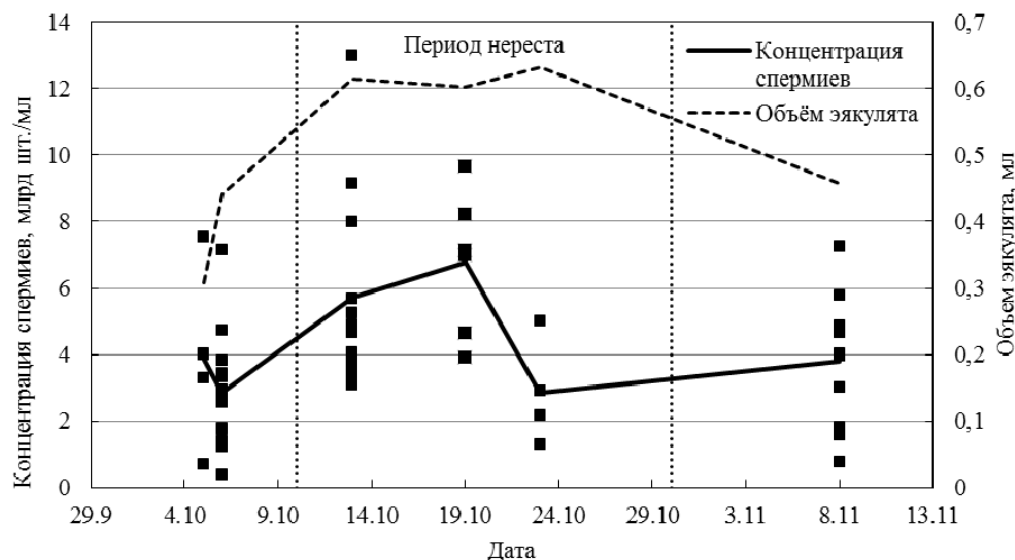


Рисунок 3 — Изменение концентрации спермиев и объема эякулята у сига-пыжьяна на рыбоводном пункте «Рахтыня» в течение нерестового сезона, 2009 г.

Чир. Максимальная концентрация спермиев в эякуляте чира, как и у речной пеляди, была отмечена до начала нереста 13 октября и составляла $(7,16 \pm 0,94)$ млрд шт./мл. Возможно, данный эффект объясняется низким разбавлением спермы семенной жидкостью. Наблюдение за самцами речной пеляди и чира началось до перехода гонад всех рыб на V стадию зрелости, тогда как у всех самцов сига-пыжьяна и тугуна к моменту нача-

ла наблюдений гонады уже созрели [3]. После созревания гонад всех самцов чира, начиная с 21 октября, средняя концентрация спермиев в эякуляте составляла $(5,19 \pm 0,33)$ млрд шт./мл (рис. 4). Связь между средними значениями концентрации спермиев и объема эякулята была отрицательной и недостоверной ($r = -0,50$; $P < 0,95$; $n = 5$). Аналогично речной пеляди данная связь определялась первой выборкой.

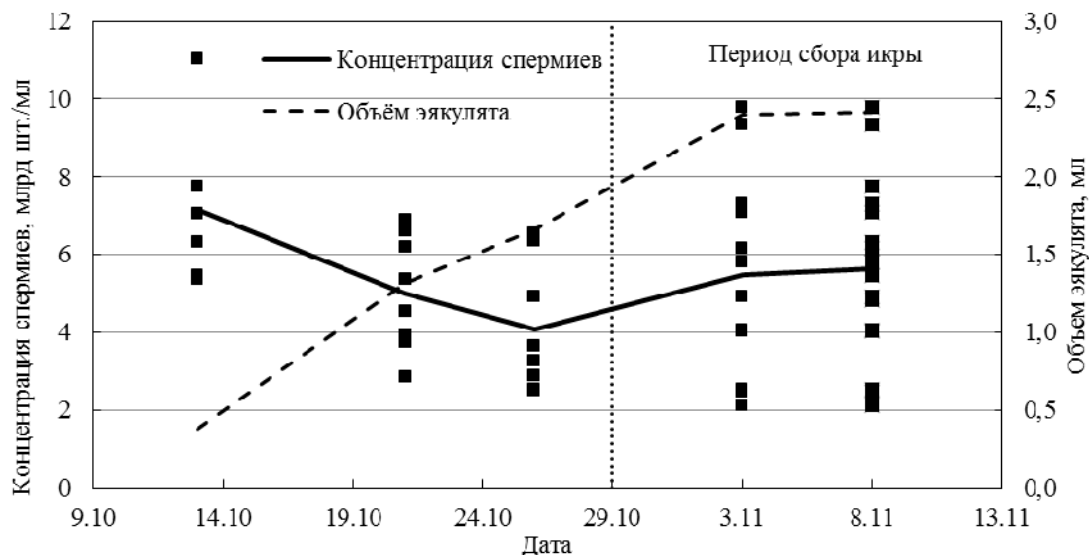


Рисунок 4 — Изменение концентрации спермиев и объема эякулята у чира на рыбоводном пункте «Рахтыня» в течение нерестового периода, 2009 г.

Во второй серии средняя концентрация спермиев и объем эякулята у исследуемых самцов имели выраженные индивидуальные

отличия. Максимальная средняя концентрация спермиев в эякуляте наблюдалась у самца «А» и составляла $(6,57 \pm 0,66)$ млрд шт./мл

при среднем объеме эякулята ($0,65 \pm 0,07$) мл. У самца «Б» средняя концентрация спермиев в эякуляте была незначительно ниже и равнялась ($6,07 \pm 0,47$) млрд шт./мл, средний объем эякулята — ($0,78 \pm 0,07$) мл. Минимальная средняя концентрация спермиев отмечена у самца «В» при значении ($4,38 \pm 0,30$) млрд шт./мл и объеме эякулята ($0,63 \pm 0,06$) мл (рис. 5). У самцов также была различна и динамика изучаемого показателя. Так, у самца «А» между концентрацией спермиев в эякуляте и количеством отобранных проб связь была ярко выраженной отрицательной и статистически достоверной ($r = -0,65$; $P \geq 0,95$; $n = 10$). У самца «Б» данная связь уже была менее выраженной и недостоверной ($r = -0,45$; $P < 0,95$; $n = 9$). У самца «В» концентрация спермиев в эякуляте практически не изменялась в течение периода исследования ($r = -0,06$; $P < 0,95$; $n = 16$; см. рис. 5). Необходимо отметить, что при

ежедневном сборе эякулята у самцов не наблюдается четкой зависимости объема разовой порции эякулята от даты и частоты отцеживания [3], и ни у одного самца не обнаружена связь между концентрацией спермиев и объемом эякулята.

Следовательно, при ежедневном отцеживании эякулята концентрация спермиев в нем снижается. Но, вероятно, если начальная концентрация спермиев уже была «низкой», то ежедневный отбор эякулята на ее значение влияние не оказывает. Кроме того, ежедневное отцеживание спермы у самцов чира вызывает снижение объема эякулята в 1,9–3,7 раза по сравнению с самцами, не используемыми в рыбоводном процессе [3]. Однако концентрация спермиев у самцов во второй серии при ежедневном отборе эякулята соответствует среднему значению для данного вида в период массового созревания самок.

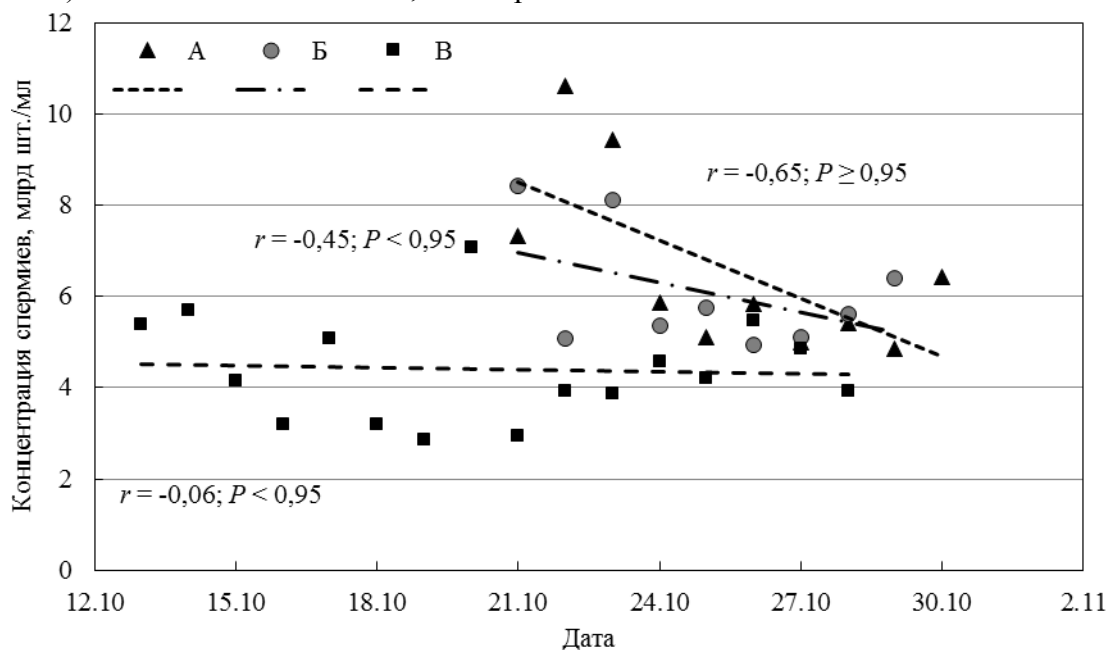


Рисунок 5 — Концентрация спермиев в ежедневно продуцируемой порции эякулята у трех опытных самцов чира (А, Б, В), 2009 г.

Таким образом, в нерестовой период максимальная концентрация спермиев в эякуляте среди исследованных сиговых рыб наблюдалась у речной пеляди при среднем значении ($6,70 \pm 0,45$) млрд шт./мл, для чира и тугуна была характерна меньшая концен-

трация спермиев — ($5,19 \pm 0,33$) и ($4,91 \pm 0,60$) млрд шт./мл соответственно, для сига-пыжьяна — ($4,26 \pm 0,37$) млрд шт./мл (табл. 1). По литературным данным, средняя концентрация спермиев в эякуляте обских сиговых рыб, выращенных на центральной

экспериментальной станции ГосНИОРХ «Ропша», была близка к значениям, характерным для естественных популяций, и

находилась в пределах от 5,19 млрд шт./мл у чира до 8,35 млрд шт./мл у озерной пеляди [4–9].

Таблица 1 — Концентрация спермиев в эякуляте сиговых рыб в период массового созревания гонад самок, рыбоводный пункт «Рахтынья», р. Ляпин, 2009 г.

Вид	n, экз.	Концентрация спермиев, млрд шт./мл			$\pm \sigma$	$C_v, \%$
		$X_{cp} \pm m_x$	min	max		
Тугун	32	$4,91 \pm 0,60$	0,88	13,28	3,32	60
Речная пелядь	42	$6,70 \pm 0,45$	1,89	15,50	2,86	43
Сиг-пыжьян	48	$4,26 \pm 0,37$	0,36	13,00	2,54	60
Чир	44	$5,19 \pm 0,33$	2,12	9,80	2,17	42

На собранном материале межвидовые различия средних значений концентрации спермиев в эякуляте являются статистически достоверными только при сравнении данных по речной пеляди со всеми остальными видами (табл. 2). Различия средних значений концентрации спермиев в эякуляте тугуна,

сига-пыжьяна и чира оказались статистически недостоверными в связи с существенным индивидуальным разбросом. При технологических расчетах допустимо использование средней величины концентрации спермиев в эякуляте сиговых рыб — $(5,25 \pm 0,22)$ млрд шт./мл.

Таблица 2 — Значение t -фактического средней величины концентрации спермиев в эякуляте сиговых рыб в период массового созревания гонад самок, рыбоводный пункт «Рахтынья», р. Ляпин, 2009 г.

Вид	Тугун	Речная пелядь	Сиг-пыжьян	Чир
Тугун		2,48*	0,99	0,4
Речная пелядь	2,48*		4,28*	2,76*
Сиг-пыжьян	0,99	4,28*		1,88
Чир	0,40	2,76*	1,88	

* Различия достоверны при уровне значимости $p < 0,05$; для всех выборок $t_{st} = 2,00$.

Можно предположить, что динамика концентрации спермиев в эякуляте не имеет видовой специфики и полученные различия связаны с соотношением периода наблюдений и периода V стадии развития гонад. Так, отбор проб у самцов речной пеляди и чира начали к моменту наступления V стадии развития гонад. В начале периода наблюдений самцы продуцировали минимальный объем эякулята, но с максимальной концентрацией спермиев. В период нереста или сбора икры объем порции эякулята достиг максимальных значений, а концентрация спермиев в нем незначительно снизилась. Завершение V стадии зрелости гонад у самцов речной

пеляди и чира в период наблюдений не вошло. За счет этого корреляция между динамикой концентрации спермиев и динамикой объема эякулята у данных видов оказалась отрицательной. Окончание нерестового сезона и V стадии зрелости гонад самцов вошли в период наблюдений только у тугуна. При завершении V стадии зрелости семенников сокращается как объем продуцируемого эякулята, так и концентрация спермиев в нем. Данное обстоятельство является основной причиной ярко выраженной положительной и достоверной связи между динамикой концентрации спермиев и динамикой объема эякулята у тугуна в течение нересто-

вого сезона. В то же время переход гонад самцов тугуна с IV на V стадию зрелости в период наблюдений не вошел. Гонады всех самцов сига-пыжьяна в период наблюдения находились на V стадии зрелости. Рассматриваемая зависимость у данного вида оказалась положительной, но менее выраженной, чем у других сиговых.

В целом проведенное исследование позволяет полагать, что в течение всей V стадии развития гонад самцов зависимость динамики концентрации спермиев от динамики объема эякулята имеет следующие этапы:

1) в начале периода созревания гонад самцы продуцируют порции эякулята малого объема, но с высокой концентрацией спермиев;

2) в период нереста максимальный объем эякулята сопряжен со стабильной средней концентрацией спермиев;

3) для завершения периода созревания гонад характерны относительно низкие значения объема эякулята и концентрации спермиев.

Выводы

1. Концентрация спермиев в эякуляте изменяется в течение нерестового сезона. В период нереста или сбора икры концентрация спермиев не зависит от объема эякулята.

2. В нерестовой период средняя концентрация спермиев в эякуляте речной пеляди составляет $(6,70 \pm 0,45)$ млрд шт./мл, в эякуляте чира и тугуна — $(5,19 \pm 0,33)$ и $(4,91 \pm 0,60)$ млрд шт./мл соответственно, сига-пыжьяна — $(4,26 \pm 0,37)$ млрд шт./мл.

3. Статистически достоверные различия средних значений концентрации спермиев в эякуляте выявлены только у речной пеляди при сравнении с другими исследованными видами. При технологических расчетах предлагается использовать среднюю величину концентрации спермиев в эякуляте сиговых рыб равную $(5,25 \pm 0,22)$ млрд шт./мл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турдаков А. Ф. Воспроизводительная система самцов рыб. Фрунзе : Илим, 1972. 280 с.
2. Казаков Р. В. Биологическая основа разведения атлантического лосося. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. 144 с.
3. Смешливая Н. В., Семенченко С. М. Динамика объема эякулята сиговых рыб *Coregonidae* в течение нерестового сезона // Вестник рыбохозяйственной науки. 2015. Т. 1, № 1 (5). С. 78–84.
4. Казаков Р. В., Волошенко Б. Б. Характеристика половых продуктов самцов муксуна, разводимого в водоемах Северо-Запада // Тр. ГосНИОРХ. 1979. Вып. 139. С. 106–111.
5. Кузьмин А. Н., Чуватова А. М. Половое созревание и анализ нарушений гаметогенеза у самцов чира *Coregonus nasus* (Pallas) при выращивании их в прудах и озерах Северо-Запада СССР // Вопросы ихтиологии. 1970. Т. 10, вып. 1 (60). С. 69–82.
6. Ефанов Г. В. Рыбоводно-биологическая характеристика самцов ендырской пеляди // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1980. Вып. 153. С. 27–36.
7. Князева Л. М., Костюничев В. В. Рыбоводно-биологическая характеристика ремонта и производителей сиговых рыб, выращиваемых в садках на искусственных кормах // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 2005. Т. 333. С. 13–43.
8. Маненкова Г. М. К вопросу о свойствах спермы ладожского сига-лудогы // Изв. ГосНИОРХ. 1974. Т. 92. С. 94–97.
9. Казаков Р. В., Волошенко Б. Б. Сравнительная характеристика качества спермы гибрида пеляди с чиром и родительских видов при разведении в водоемах Северо-Запада // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1979. Т. 139. С. 94–105.
10. Семенченко С. М. Итоги внедрения экологического метода сбора икры сиговых рыб в Обь-Иртышском бассейне // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб : материалы Седьмого Междунар. науч.-произв. совещ., 16–18 февр. 2010 г. Тюмень, 2010. С. 254–261.
11. Казаков Р. В. Определение качества половых продуктов самцов рыб : метод. указания. Л., 1978. 15 с.

12. Смешливая Н. В. Эколого-физиологические особенности репродуктивной функции сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2015. 23 с.

**DYNAMICS OF CONCENTRATION SPERM THE EJACULATE WHITEFISH
COREGONIDAE DURING SPAWNING SEASON**

N.V. Smeshlivaya, S.M. Semchenko

FSBSI "State Scientific-and-Production Center of Fishery"
625023, Russia, Tyumen, Odesskaya str., 33
nsmeshlivaya@mail.ru, SemSM07@yandex.ru

The data on the dynamics of the concentration of spermatozoa in the ejaculate tugun *Coregonus tugun*, the river forms peled *C. peled*, whitefish *C. lavaretus pidschian* Chira and *C. nasus* during the spawning season in the district. Lyapin (River basin, Northern Sosva, Khanty-Mansi Autonomous Area). The maximum concentration of spermatozoa is observed in the beginning of the transition of the gonads of male at the V stage of development, and the minimum — at the end of stage V. Average for the spawning period, the concentration of spermatozoa in the ejaculate river peled of (6.70 ± 0.45) billion units/ml in the ejaculate and Chira tugun — (5.13 ± 0.33) and (4.91 ± 0.60) billion units/ml, respectively, whitefish — (4.26 ± 0.37) billion units/ml.

Key words: whitefish; sperm; ejaculate; the concentration of spermium; males; spawning.