

УДК 639.3.034

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ СПЕРМАТОЗОИДОВ СИГОВЫХ РЫБ *Coregonidae* ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА

© 2016 г. Н. В. Смешливая, С. М. Семенченко

Госрыбцентр, 625023 Тюмень, ул. Одесская, 33

e-mail: nsmeshliyaya@mail.ru

Поступила в редакцию 09.10.2014 г.

Исследована продолжительность движения спермиев четырех видов сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна: тугуна *Coregonus tugun*, речной и озерной форм пеляди *C. peled*, сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian* и чира *C. nasus*. Показана обратно пропорциональная статистически достоверная зависимость продолжительности движения спермиев исследованных видов от температуры воды, используемой для их активации. В зоне нерестовых температур 0.1–5.0°C средние значения общей продолжительности и продолжительности поступательного движения спермиев у изученных видов составляют 331 ± 107 и 149 ± 44 с соответственно. При температурах >7.1°C, превышающих нерестовые значения, данные показатели составляют 190 ± 47 и 86 ± 15 с соответственно. Наибольшая межвидовая вариабельность значений продолжительности движения спермиев отмечена в диапазонах температур 0.1–2.5 и >7.1°C. У тугуна зависимость продолжительности движения спермиев от температуры выражена в меньшей степени, чем у других исследованных видов. При температуре 0.7°C общая продолжительность и продолжительность поступательного движения спермиев тугуна составляют 201 и 108 с соответственно. С повышением температуры до 13.4°C изучаемые показатели сократились только в 1.2 и 1.1 раза — до 172 и 100 с соответственно.

Ключевые слова: сиговые рыбы, спермий, температура, активация спермиев, движение спермиев, поступательное движение, колебательное движение.

DOI: 10.7868/S0320965216010162

ВВЕДЕНИЕ

Температура — один из наиболее существенных факторов среды, определяющий скорость биологических процессов [12], в том числе и двигательную активность спермиев рыб [6]. Оплодотворяющая способность спермиев тесно связана с их подвижностью [1, 6, 14]. Следовательно, продолжительность движения сперматозоидов — один из важных биотехнических показателей качества половых продуктов самцов рыб. Ранее продолжительность движения спермиев сиговых рыб как одного из показателей качества половых продуктов самцов рассматривали ряд авторов [2, 3, 7–11]. Однако эти исследования выполнены на ограниченном количестве видов сиговых. Кроме того, данные об активности спермиев нередко приведены без указания температуры в опытах. Существующие литературные данные не позволяют оценить общие количественные закономерности влияния температуры на продолжительность движения спермиев сиговых рыб.

Цель работы — изучить зависимость продолжительности движения спермиев сиговых рыб Обь-Иртышского бассейна от температуры воды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования служила сперма сиговых рыб: тугуна *Coregonus tugun* (Pallas, 1814), речной и озерной форм пеляди *C. peled* (Gmelin, 1789), сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian* (Gmelin, 1788) и чира *C. nasus* (Pallas, 1776). Речные формы сиговых рыб изучали в октябре–ноябре 2008–2011 гг. на р. Ляпина в бассейне р. Северная Сосьва (Ханты-Мансийский автономный округ). Самцов отлавливали в период нерестовой миграции. Материалы по озерной пеляди собирали в ноябре–декабре 2008–2011 гг. на садковом хозяйстве Волковское (Тобольский район Тюменской обл.), где содержится маточное стадо.

Для большинства исследованных видов диапазон температуры в опытах находился в пределах 0.5–13.4°C, для сига-пыжьяна — 0.5–10.1°C. Выбранный диапазон соответствует зоне температур, при которых возможно дробление бластодиска [4, 13].

Сперму получали методом прижизненного отцеживания. Самцов перед отцеживанием подвергали анестезии. В качестве анестетика использовали гвоздичное масло [15]. В каждой серии опытов ис-

Таблица 1. Результаты корреляционного анализа продолжительности движения спермиев сиговых рыб от температуры

Вид	Общая продолжительность движения			Продолжительность поступательного движения		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Тугун	15	−0.98	0.99	15	−0.79	0.98
Речная пелядь	21	−0.88	0.99	21	−0.93	0.99
Сиг-пыжьян	24	−0.99	0.99	24	−0.95	0.99
Чир	20	−0.96	0.99	20	−0.98	0.99
Озерная пелядь	18	−0.98	0.99	18	−0.98	0.99

Примечание. Здесь и в табл. 3: *n* – количество рыб, экз.

пользовали сперму от одного самца. Каждый опыт серии заключался в оценке (с помощью микроскопа) продолжительности двигательной активности спермиев отдельной порции спермы при определенной температуре с момента активации водой. При измерении продолжительности движения спермиев добивались того, чтобы температура воздуха, микроскопа, предметного стекла и воды, используемой для активации, была одинаковой. Пробы просматривали в течение 20 мин после активации. Приблизительно 0.01 мл спермы помещали на покровное стекло и добавляли 0.1 мл воды для активации спермиев. Поскольку продолжительность активации спермиев ≤ 0.5 с, момент соприкосновения спермиев с водой считали началом движения. В каждом опыте регистрировали три показателя: момент перехода 50% спермиев из поступательного движения в колебательное, длительность поступательного движения и общую длительность движения [5].

С сигом-пыжьяном выполнено две серии опытов, с речной и озерной формами пеляди, чиром и тугуном – по три. Всего проведено 14 серий, включающих 98 опытов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В каждой серии с повышением температуры в опытах продолжительность двигательной активности спермиев статистически достоверно сокращалась (см. рисунок и табл. 1). В частности, среднее значение общей продолжительности движения спермиев у речной пеляди в исследуемом интервале температуры 0.5–13.4°C сокращалось с 451 до 131 с, у чира – с 345 до 161 с, у озерной пеляди – с 341 до 229 с, у тугуна – с 201 до 172 с. У сига-пыжьяна в диапазоне температуры 0.5–10.1°C данный показатель изменялся с 555 до 123 с (см. рисунок, а). Параллельно сокращалась и продолжительность поступательного движения спермиев (см. рисунок, б). Так, среднее значение продолжи-

тельности поступательного движения спермиев сига-пыжьяна уменьшалось с 243 до 66 с. У речной пеляди изучаемый показатель уменьшался с 199 до 67 с, у чира – с 135 до 71 с, у озерной пеляди – с 141 до 91 с, у тугуна – с 108 до 100 с.

Кратность уменьшения продолжительности общего движения спермиев речной пеляди, чира, озерной пеляди и тугуна в интервале температуры 0.5–13.4°C составляла 3.6, 2.1, 1.5 и 1.2 раза соответственно. У сига-пыжьяна в исследуемом диапазоне температуры 0.5–10.1°C общая продолжительность движения спермиев изменялась в 4.5 раза. Продолжительность поступательного движения спермиев сокращалась у сига-пыжьяна в 3.7 раза. У спермиев речной пеляди данный показатель уменьшался в 2.9, у чира – в 1.9, у озерной пеляди – в 1.5 раза. У тугуна продолжительность поступательного движения спермиев, как и общая продолжительность движения, уменьшалась при повышении температуры незначительно по сравнению с остальными видами (в 1.1 раза).

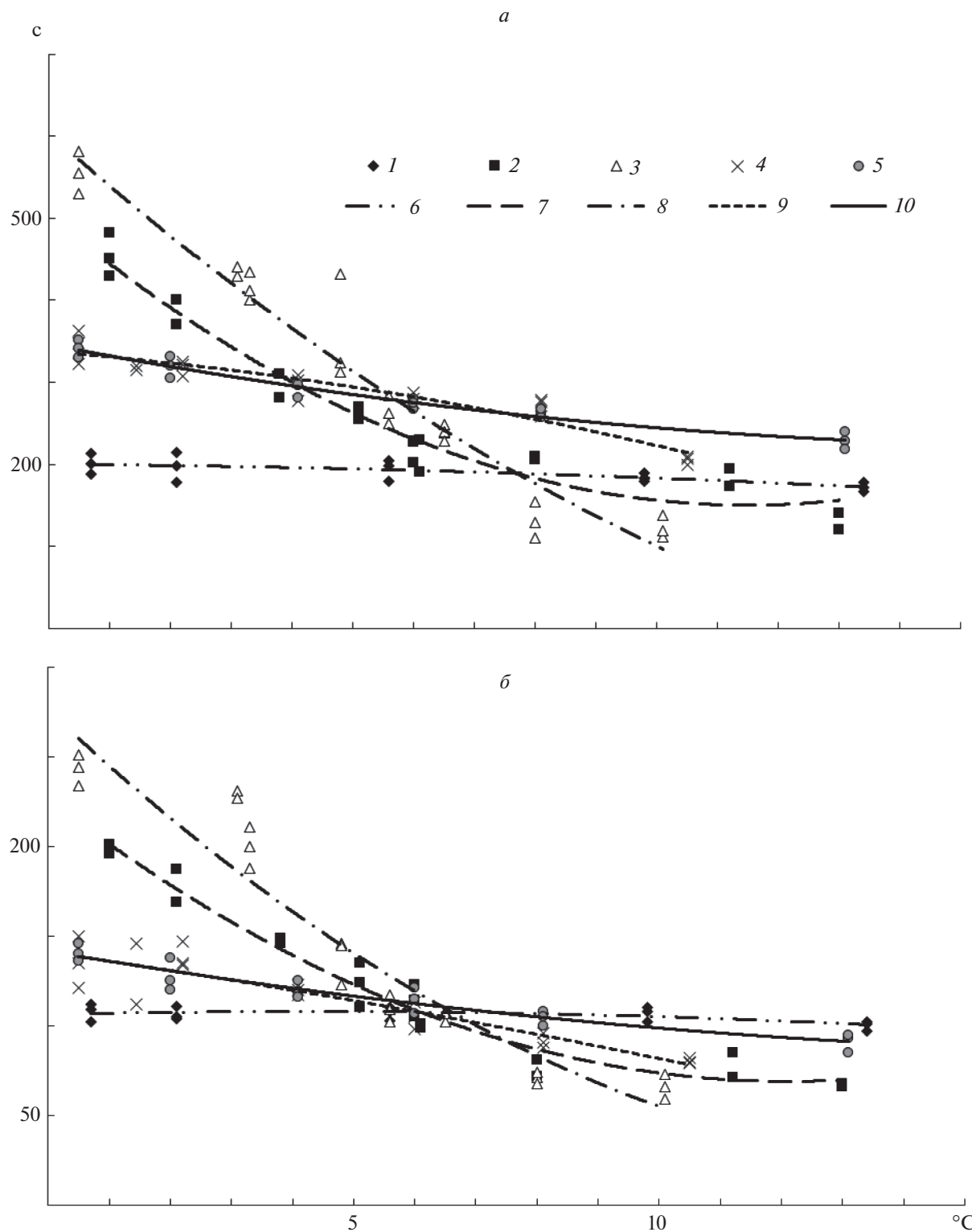
Результаты опытов, отражающие зависимость продолжительности движения спермиев от температуры в диапазоне 0.5–13.4°C, аппроксимированы левой ветвью параболы

$$y = at^2 - bt + c,$$

где *y* – продолжительность движения спермиев, с; *t* – температура воды, °C; *a*, *b*, *c* – коэффициенты (табл. 2).

Соотношение продолжительности поступательного движения и общей продолжительности движения спермиев у большинства исследованных сиговых рыб не зависит от температуры. Положительная достоверная зависимость ($r = 0.96$, $P \geq 0.95$) между изучаемыми показателями и температурой обнаружена только у тугуна (табл. 3).

Продолжительность поступательного движения спермиев у речной и озерной пеляди, сига-пыжьяна и чира составляет 39–50% общего времени их двига-



Зависимость продолжительности (с) общего (а) и поступательного (б) движения спермиев сиговых рыб от температуры (°C): 1, 6 – тугун, 2, 7 – речная пелядь, 3, 8 – сиг-пыжьян, 4, 9 – чир, 5, 10 – озерная пелядь.

тельной активности. Продолжительность периода от момента активации до перехода 50% спермиев из поступательного в колебательное движение у данных видов составляет 25–31% общего времени дви-

жения. У тугуна доля поступательного движения спермиев от общей продолжительности несколько выше (54–58%), продолжительность периода от активации до перехода 50% спермиев из посту-

Таблица 2. Коэффициенты уравнения, описывающего продолжительность движения спермиев сиговых от температуры

Вид	Общая продолжительность движения				Продолжительность поступательного движения			
	коэффициенты			R^2	коэффициенты			R^2
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
Тугун	-0.11	0.54	200.18	0.52	-0.09	0.78	106.28	0.39
Речная пелядь	2.68	61.53	503.77	0.95	1.08	26.04	226.31	0.97
Сиг-пыжьян	1.55	65.86	604.36	0.95	0.99	32.03	275.89	0.91
Чир	-0.57	5.68	337.11	0.90	-0.11	4.89	141.02	0.84
Озерная пелядь	0.41	14.27	346.19	0.95	0.14	5.71	141.50	0.90

Таблица 3. Доли (%) продолжительности поступательного движения спермиев (над чертой) и периода от активации до перехода 50% спермиев из поступательного в колебательное (под чертой) от общей продолжительности движения и степень зависимости этих показателей от температуры

Вид	<i>n</i>	Температура, °C				Средние значения	<i>r</i>	<i>P</i>
		0.1–2.5	2.6–5.0	5.1–7.0	>7.1			
Тугун	15	<u>54</u>	<u>54</u>	<u>55</u>	<u>58</u>	<u>55</u>	<u>0.962</u>	<u>0.999</u>
		41	41	39	40	40	-0.398	0.547
Речная пелядь	21	<u>43</u>	<u>48</u>	<u>49</u>	<u>47</u>	<u>47</u>	<u>0.005</u>	<u>0.080</u>
		26	25	29	30	28	0.383	0.648
Сиг-пыжьян	24	<u>44</u>	<u>50</u>	<u>40</u>	<u>54</u>	<u>47</u>	<u>0.413</u>	<u>0.733</u>
		27	31	27	26	28	-0.387	0.697
Чир	20	<u>40</u>	<u>42</u>	<u>39</u>	<u>43</u>	<u>41</u>	<u>-0.455</u>	<u>0.789</u>
		29	27	27	25	27	-0.452	0.785
Озерная пелядь	18	<u>41</u>	<u>41</u>	<u>42</u>	<u>40</u>	<u>41</u>	<u>-0.555</u>	<u>0.864</u>
		26	27	29	31	28	-0.255	0.444
Сиговые	98	<u>44</u>	<u>47</u>	<u>45</u>	<u>48</u>	<u>46</u>	<u>0.661</u>	<u>0.789</u>
		30	30	30	30	30	0.634	0.844

пательного движения в колебательное от общего времени движения – 39–41%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам исследований можно условно выделить три температурных зоны продолжительности двигательной активности спермиев сиговых рыб: зону нерестовых температур (до 5.0°C), зону верхнего предела нерестовых температур (5.1–7.0°C) и зону температур, превышающих нерестовые значения (>7.1°C). Видоспецифические различия продолжительности движения спермиев максимальны в первой зоне при температуре 0.1–2.5°C. В частности, коэффициенты вариации продолжительности общего и поступательного движения спермиев исследованных видов в первой зоне составляют 27 и 28% соответственно. Наибольшая продолжительность общего и поступательного движения спермиев в этой зоне отме-

чена у сига-пыжьяна (555–416 и 243–200 с соответственно). Наименьшая продолжительность общего и поступательного движения спермиев наблюдалась у тугуна (201–194 и 108–107 с соответственно).

Во второй температурной зоне (5.1–7.0°C) наблюдали минимальные межвидовые различия продолжительности общего и поступательного движения спермиев при коэффициентах вариации 13 и 8% соответственно. При этом среднее значение общей продолжительности движения спермиев всех исследованных видов рыб находилось в интервале 194–281 с, длительности поступательного движения – 105–114 с.

В зоне температур, превышающих нерестовые значения (>7.1°C), видоспецифические различия в изучаемых характеристиках двигательной активности спермиев вновь отчетливо проявляются, но в обратном порядке и с меньшим разбросом по сравнению с первой зоной. В частности, коэф-

фициенты вариации продолжительности общего и поступательного движения спермиев исследованных видов составляют 27 и 17% соответственно. Средние значения продолжительности общего и поступательного движения спермиев при температуре 10°C у тугуна составляют 184 и 107 с, у сига-пыжьяна – 131 и 66 с соответственно.

Необходимо отметить, что зависимость продолжительности двигательной активности спермиев тугуна на всем интервале исследуемых значений температуры выражена в меньшей степени, чем у других видов.

Ранее исследователи указывали преимущественно значение активности сперматозоидов [2, 3, 7–11]. Под этим термином понимается период времени от активации водой до перехода 50% спермиев от поступательного движения в колебательное в поле зрения микроскопа. В частности, по данным работы [7], при температуре 2.4–4.0°C активность спермиев речной пеляди и чира 43.98 и 46.50 с соответственно. По данным работы [2], активность спермиев у самцов ендырьской озерной пеляди при температуре от 2 до 5°C была 37.7–39.5 с. А.Н. Кузьмин и А.М. Чуватова [10] регистрировали не только продолжительность поступательного движения спермиев сиговых рыб, но и общую длительность движения. Так, при температуре 2.5–3.5°C продолжительность поступательного движения спермиев чира и пеляди составляла 40 и 30 с соответственно, общая продолжительность – 4–5 мин у чира и 6 мин у пеляди. В работах [2, 3, 7–11] изучали сиговых рыб, интродуцированных на Северо-Западе России из Обь-Иртышского бассейна. В исследованиях авторов у пеляди и чира продолжительность периода от активации до перехода 50% спермиев из поступательного движения в колебательное была в 1.5–2 раза больше, общая продолжительность движения спермиев совпала с приведенными выше данными в тех же температурных границах. Вероятно, такие различия по первому показателю связаны с субъективностью определения момента перехода 50% спермиев от поступательного движения к колебательному.

Поскольку двигательная активность спермиев неразрывно связана с их основной функцией (оплодотворение яйца), полученные данные о видоспецифическом влиянии температуры на этот процесс важно учитывать при совершенствовании биотехнологических приемов искусственного воспроизводства сиговых рыб.

Выводы. В диапазоне 0.5–13.4°C между продолжительностью движения спермиев сиговых рыб и температурой воды, используемой для активации, существует обратная связь. В зоне нерестовых температур 0.1–5.0°C средние значения общей продолжительности и продолжительности поступательного движения спермиев составляют 331 ± 107 и 149 ± 44 с соответственно. Межвидовая

вариабельность продолжительности движения спермиев нарастает при отклонении температуры от зоны верхнего предела нерестовых температур (5–7°C) как в сторону 0°C, так и в сторону верхнего температурного порога дробления blastодиска. У тугуна продолжительность движения спермиев в меньшей степени зависит от температуры, чем у других сиговых рыб. Соотношение продолжительности поступательного движения спермиев сиговых рыб от общего времени их двигательной активности не зависит от температуры и составляет в среднем 46%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М.: Наука, 1968. 355 с.
2. Ефанов Г.В. Оценка самцов ендырьской пеляди селекционного стада // Изв. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1978. Т. 134. С. 146–149.
3. Ефанов Г.В. Рыбоводно-биологическая характеристика самцов ендырьской пеляди // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1980. Т. 153. С. 27–36.
4. Игнатьева Г.М. Ранний эмбриогенез рыб и амфибий. М.: Наука, 1979. 173 с.
5. Казаков Р.В. Определение качества половых продуктов самцов рыб (методические указания). Л.: Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, 1978. 15 с.
6. Казаков Р.В. Биологическая основа разведения атлантического лосося. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. 144 с.
7. 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. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1979. Т. 139. С. 94–105.
8. Князева Л.М., Костюничев В.В. Рыбоводно-биологическая характеристика ремонта и производителей сиговых рыб, выращиваемых в садках на искусственных кормах // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 2005. Т. 333. С. 13–43.
9. Кугаевская Л.В. Биологические аспекты совершенствования технологии промышленного сбора и инкубации икры сиговых рыб // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1985. Т. 233. С. 85–97.
10. 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 // Вопр. ихтиологии. 1970. Т. 10. Вып. 1(60). С. 69–82.
11. Маненкова Г.М. К вопросу о свойствах спермы ладожского сига-лудоги // Изв. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1974. Т. 92. С. 94–97.
12. Медников Б.М. Температура как фактор развития // Внешняя среда и развивающийся организм. М.: Наука, 1977. С. 7–52.
13. Смешливая Н.В., Семенченко С.М. Зависимость скорости дробления blastодиска зародышей сига-пыжьяна, тугуна и муксуна от температуры // Биология, биотехника разведения и состояние запасов

- сиговых рыб: Матер. седьмого Междунар. совещ. Тюмень, 2010. С. 274–277.
14. Турдаков А.Ф. Воспроизводительная система самцов рыб. Фрунзе: Изд-во Илим, 1972. 280 с.
15. Kouřil J., Mikodina E., Mikulin A. et al. Different sensitivity between adult salmonids fish species and grayling to an anaesthetic clove oil // Aquaculture Europe: Abstracts. Trondheim, 2009. P. 2.

The Dependence of Sperm Motility Duration of Ob-Irtysh Basin Coregonidae on Temperature

N. V. Smeshlivaya, S. M. Semchenko

State Research and Reproduction Center of Fishery, 625023 Tyumen, ul. Odesskaya, 33, Russia

The sperm motility duration of four whitefish species in the Ob-Irtysh basin: *Coregonus tugun*, river and lake forms of *C. peled*, *C. lavaretus pidschian* and *C. nasus* has been studied. The sperm motility duration of the species under study depends significantly on the temperature of water used for activation in inverse proportion. The sperm motility duration at the spawning temperature in the range of 0.1–5.0°C amounts to 331 ± 107 sec, and duration of forward movement amounts to 149 ± 44 sec. At temperatures (above 7.1°C) which exceed spawning values, these parameters constitute 190 ± 47 and 86 ± 15 sec, respectively. The highest interspecific variability in the sperm motility duration was observed within the temperature range from 0.1 to 2.5°C and above 7.1°C. *C. tugun* shows less dependence of sperm motility duration on temperature than the other species under study at the temperature of 0.7°C. The total duration and duration of the forward movement of *C. tugun* sperm are 201 and 108 sec, respectively. When temperature increases up to 13.4°C, the parameters under study decrease 1.2 and 1.1 times only, to 172 and 100 sec respectively.

Keywords: coregonidae, fish sperm, temperature, activation of sperm, sperm motility, forward motility, oscillatory motility