

**ПОКАТНАЯ МИГРАЦИЯ ЛИЧИНОК И МОЛОДИ СЕЛЬДИ-ЧЕРНОСПИНКИ
В НЕЗАРЕГУЛИРОВАННОЙ ЧАСТИ РЕКИ ВОЛГИ (2016–2017 гг.)**

О. В. Пятикопова, научный сотрудник
Каспийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства, Астрахань, Россия
E-mail: piatikopova.olga@yandex.ru

Ключевые слова: сельдь-черноспинка, покатная миграция, концентрация, динамика ската, суточная динамика, гидрологический режим, личинки, объемы сброса воды, р. Волга

Реферат. Показано влияние гидрологического режима в незарегулированной части р. Волги на покатную миграцию личинок сельди-черноспинки в разные по водности годы (2016–2017 гг.). Построена регрессионная модель для определения влияния объемов сброса воды в незарегулированной части р. Волги на концентрацию личинок сельди-черноспинки в период покатной миграции. Соотношение объемов сброса воды и концентрации личинок в исследуемые годы аппроксимируется степенным уравнением с коэффициентом детерминации. Модель, построенная по данным 2016 г., имеет коэффициент детерминации $R^2=0,87$, что свидетельствует о высоком качестве регрессионной модели и соответствии данных, используемых при ее построении. Модель 2017 г. с коэффициентом детерминации $R^2=0,14$ является регрессионной моделью низкого качества и показывает несоответствие используемых данных. Показано изменение суточной и сезонной динамики ската личинок. В 2017 г. отмечалось снижение доли молоди в июне. Она составила 30,5 % от общей численности, что в 2 раза ниже, чем в 2016 г. Отмечалось нарушение суточной динамики. Так, в предыдущие годы доля личинок в светлое время суток была ниже, чем в темное время. Такое изменение связано с особенностями гидрологического режима в р. Волге в период покатной миграции личинок, высокими скоростями течения и объемами воды в 2017 г. Показаны возрастные группы личинок, участвующих в покатной миграции. За весь период наблюдения в 2017 г. в скате преобладали предличинки – 60 %, их доля была в 1,5 раза выше, чем в 2016 г. Оценены условия и эффективность естественного воспроизводства, выявлено влияние изменения объемов сброса воды на основные показатели интенсивности покатной динамики личинок сельди-черноспинки.

**MIGRATION OF LARVAE AND YOUNG BLACKBACK SHADS IN NON-REGULATED
PART OF THE RIVER VOLGA (IN 2016-2017)**

Piatikopova O.V., Research Fellow

Kaspiy Research Institute of Fishery, Astrakhan, Russia

Key words: blackback shads, downstream migration, concentration, fall dynamics, daily dynamics, hydrological regime, larvae, spillover, the Volga.

Abstract. The paper explores the influence of hydrological regime in non-regulated part of the Volga River on the sloping migration of blackback shads larvae in different water years (2016-2017). The authors make the regression model in order to determine the effect of water discharge in non-regulated part of the Volga River on the concentration of blackback shads larvae during the migration

period. The relation between water discharge amount and larval concentration in the years is calculated and approximated by means of the power equation with the determination coefficient. The model, built on the data of 2016, has a determination coefficient $R^2=0.87$, which indicates the high quality of the regression model and the data used in its making. The model of 2017 with the determination coefficient $R^2=0.14$ is a regression model of low quality and shows the discrepancy of the data used. The authors show changes in the daily and seasonal dynamics of the larval slope. In 2017, the authors observed less young fish in June. The number of young fish was 30.5 % of the total population, which is 2 times lower than that in 2016. The authors observed breaches in daily dynamics. In previous years, the part of larvae in the daytime was lower than in the night. This change is caused by peculiarities of hydrological regime in the Volga river during the migration of larvae, high flow rates and amount of water in 2017. The paper shows age groups of larvae which participate in the slope migration. Prolarvae prevailed in the slope in the research period in 2017. The number of prolarvae was 60 %, their part was 1.5 times higher than in 2016. The article estimates the conditions and efficiency of natural reproduction, the influence of changes in water discharges on the main indicators of blackback shads slope intensity.

Сельдь-черноспинка – уникальный вид по своей биологии. В период нерестовой миграции взрослые особи, достигшие 3–4-летнего возраста и старше, концентрируются в огромные стада и совершают миграцию из Каспийского моря в р. Волгу, реже в р. Урал. Этот вид легче других поддается освоению промыслом. После зарегулирования стока р. Волги нерест сельди проходит на незарегулированном участке, где сохранилось основное русло реки.

До зарегулирования волжского стока молодь сельди-черноспинки скатывалась в Северный Каспий уже окрепшими мальками (пройдя более 1000 км вниз по реке в течение 2–3 месяцев), в настоящее время она мигрирует в море на ранних стадиях развития. Сокращение протяженности ската с мест нереста до района нагула в Каспии и изменение гидрологического режима р. Волги не позволяют личинкам достичь жизнестойких этапов развития [1].

В начале 2000-х годов, в связи с уменьшением численности производителей проходной сельди-черноспинки, резко снизилась эффективность ее естественного воспроизводства по сравнению с периодом 1990–1999 гг., когда абсолютная численность молоди была равна 57,9 млрд экз. Ограничение промышленного лова сельди-черноспинки в 2001–2005 гг. с целью пропуска производителей к местам нереста способствовало постепенному вос-

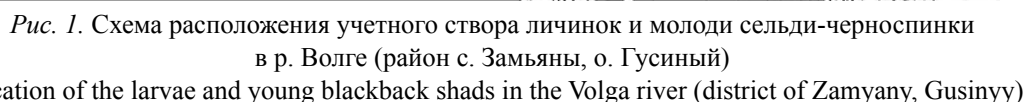
становлению нерестового запаса данного вида [2, 3].

С 2006 г. абсолютная численность личинок сельди-черноспинки, мигрирующих через нижнюю нерестовую зону р. Волги в море, возросла с 4,45 до 34,6 млрд экз. (2016 г.), но осталась ниже в 1,7 раза по сравнению с численностью молоди в 1990–1999 гг. Показатели промыслового возврата с 2006 г. увеличились в 7,5 раза, что свидетельствует о тенденции к повышению эффективности естественного воспроизводства сельди-черноспинки [4].

Покатная миграция молоди сельди-черноспинки в р. Волге проходит во время спада волны половодья и меженный период (июнь – август). Скорость течения и уровень воды в реке также играют важную роль во время покатной миграции личинок. Наблюдения за динамикой покатной миграции позволяют оценить эффективность естественного воспроизводства сельди-черноспинки в р. Волге.

Основными факторами, лимитирующими уровень воспроизводства, являются: количество производителей, температурный и гидрологический режимы р. Волги (объем стока в весенне-летнее половодье, его продолжительность) в период нерестовых миграций производителей и покатных миграций молоди сельди-черноспинки на ран-

Наблюдения за скатом личинки и молоди сельди-черноспинки в р. Волге проводились на нижней границе ее нерестового ареала, на учетном створе у с. Замьяны (о. Гусиный) в 2016–2017 гг. с начала июня по август включительно (рис. 1).



Основными показателями для подсчета численности являются концентрация молодежи

Год	Кол-во суточных станций	Кол-во проб, шт.	Кол-во личинок, экз.
2016	7	210	29160
2017	9	255	11595

и средний расход воды в створе наблюдений (объем воды, в котором скатывается личинка). Расходы воды ($\text{м}^3/\text{с}$), пропускаемой через гидроузел Волжской ГЭС (турбины и водосбросы) за предыдущие сутки, брали с сайта РусГидро (<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer>).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общая характеристика покатной миграции. В 2016 г. температура воды в р. Волге достигла оптимального значения (16°C) для нереста проходной сельди-черноспинки в середине третьей декады мая. Покатная миграция её личинок наблюдалась с конца третьей декады мая по первую декаду августа. Наибольшее количество личинок учтено в период с начала июня по конец первой декады июля при температуре воды $19\text{--}25^\circ\text{C}$. Скат продлился 73 суток.

В 2017 г. температура воды в р. Волге достигла оптимального значения для нереста

проходной сельди-черноспинки во второй пятидневке июня (на 10 суток позже, чем в 2016 г.). Покатная миграция её личинок наблюдалась с начала июня по третью декаду августа. Наибольшее количество личинок учтено в период со второй декады июня по конец первой декады июля при температуре воды $20\text{--}23^\circ\text{C}$. Скат продлился 83 суток, на 10 суток больше, чем в 2016 г.

Концентрация. В 2016 г. в начале покатной миграции молоди среднесуточные концентрации были небольшие (от 15 до $50 \text{ экз./}100 \text{ м}^3$).

Увеличение среднесуточной концентрации молоди в уловах отмечалось в период окончания спада волны половодья и наступления межени. Так, в наблюдаемом году максимальное количество молоди было выловлено в третьей декаде июня ($377 \text{ экз./}100 \text{ м}^3$) (рис. 2). В начале июля интенсивность ската снизилась до $250 \text{ экз./}100 \text{ м}^3$. В конце покатной миграции количество личинок в уловах снизилось до $30 \text{ экз./}100 \text{ м}^3$.

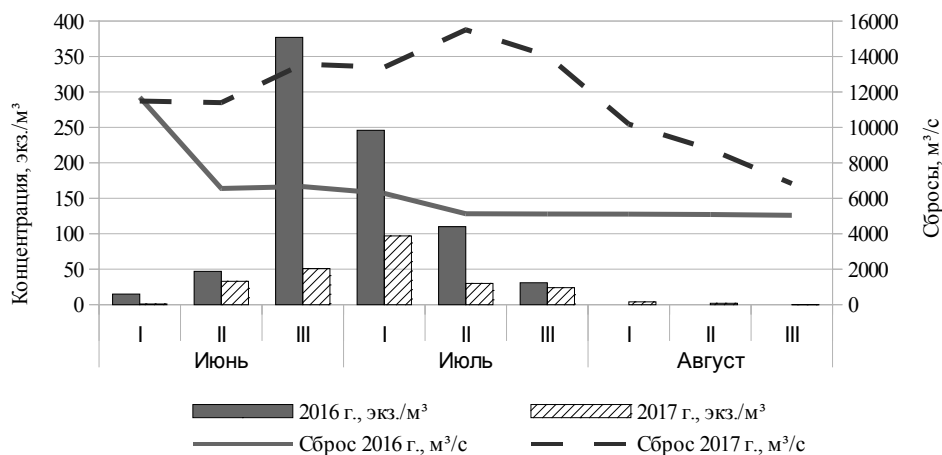


Рис. 2. Динамика среднесуточной концентрации личинок проходной сельди-черноспинки в 2016–2017 гг.
Dynamics of daily blackback shads larvae concentration in 2016–2017

В июне 2017 г. концентрации личинок были в 6 раз ниже по сравнению с 2016 г. В июле максимальная среднесуточная концентрация составила $97 \text{ экз./}100 \text{ м}^3$, что в 2,5 раза ниже, чем в 2016 г. Поскольку покатная миграция личинок проходит в период спада волны половодья и меженный период, в 2017 г. объёмы сброса воды были в 2 раза выше, чем предыдущие годы в этот период.

Гибель икры происходит от любых изменений в окружающей среде [1]. Поэтому потомство тех производителей, которые поднялись выше по течению и отнерестились в приплотинной зоне, за счет неблагоприятных гидрологических условий было малочисленным. Сельдь-черноспинка – порционно нерестующий вид и заходит на нерест несколькими волнами. Поэтому увеличение среднесуточной концен-

трации наблюдалось в первой декаде июля – на декаду позже чем в 2016 г., что связано с поздним наступлением нерестовых температур и соответственно миграции производителей к местам нереста. Значение среднесуточной концентрации было в 3,8 раза ниже, чем в 2016 г., что связано с высокими расходами и скоростями течения в этот период. Оптимальные условия в период покатной миграции обеспечивают сбросы воды 6000–6500 м³/с, при которых значения скорости течения не превышают 0,5–0,6 м/с. Это дает личинкам больше времени на развитие, значение концентрации при таких условия возрастает.

В 2017 г. в период покатной миграции скорости течения достигали значения 0,9–1,0 м/с.

Во второй – третьей декадах июля концентрации личинок снизились в 3 раза и составили 30 и 24 экз/100 м³ соответственно. Как правило, в августе интенсивность ската молоди снижается до минимальных значений, концентрации были низкими – 1–4 экз/100 м³.

Для определения влияния объемов сброса воды в зарегулированной части р. Волги на концентрацию личинок сельди-черноспинки в период покатной миграции была построена регрессионная модель (рис. 3).

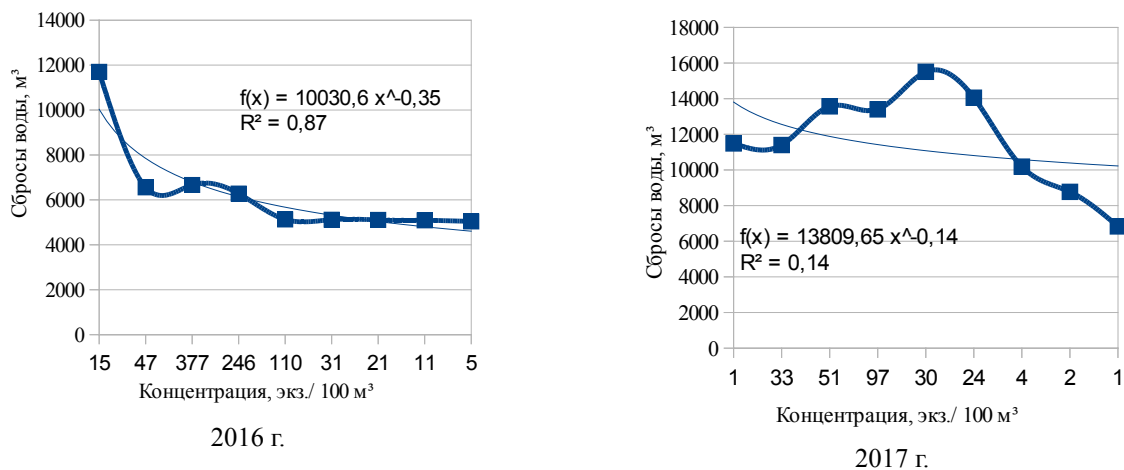


Рис. 3. Графики зависимости сброса воды и концентрации личинок сельди-черноспинки в период покатной миграции в 2016–2017 гг. в р. Волге
Relation of water discharge and blackback shads larvae concentration in the period of slope migration in the Volga in 2016–2017

Соотношение объемов сброса воды и концентрации личинок в исследуемые годы аппроксимируется степенным уравнением с коэффициентом детерминации, который рассматривают, как правило, в качестве основного показателя, отражающего меру качества регрессионной модели. Достаточно качественной можно признать модель с коэффициентом детерминации выше 0,8.

Модель, построенная по данным 2016 г., имеет коэффициент детерминации $R^2=0,87$, что свидетельствует о высоком качестве регрессионной модели и соответствии данных, используемых при ее построении. Модель 2017 г. с коэффициентом детерминации $R^2=0,14$ является регрессионной моделью

низкого качества и показывает несоответствие используемых данных.

Полученные наблюдаемые и расчетные данные позволяют сделать вывод, что в 2016 г. гидрологический режим был более благоприятный для покатной миграции личинок сельди-черноспинки, чем в 2017 г.

Временная динамика покатной миграции. Покатная миграция личинок и молоди сельди-черноспинки в р. Волге наблюдается, как правило, в период с июня по август (рис. 4).

В 2017 г. отмечалось снижение доли молоди в этот период. Она составляла 30,5 % от общей численности, что в 2 раза ниже, чем в 2016 г. В июле доля личинок составляла

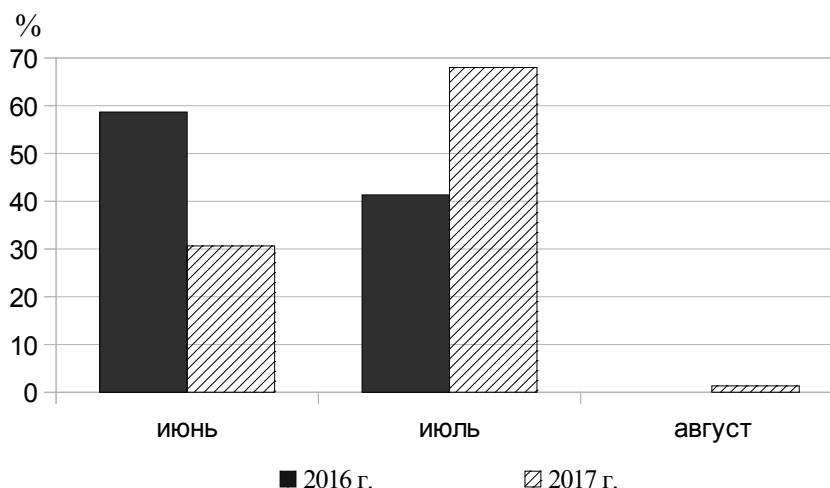


Рис. 4. Распределение личинок сельди-черноспинки по месяцам в 2016–2017 гг.
Blackback shads larvae distribution in months in 2016-2017.

68%. В августе интенсивность покатной миграции снизилась до 1,5%.

Возрастной состав. В июне 2016 г. доля предличинок сельди-черноспинки составляла 32,5%, а доля ранних личинок – 26%.

Поздних личинок было всего 0,003%. В июле доля предличинок снизилась до 8,5%, ранних личинок – выросла до 32,7, а поздних личинок – до 0,047% (рис. 5).

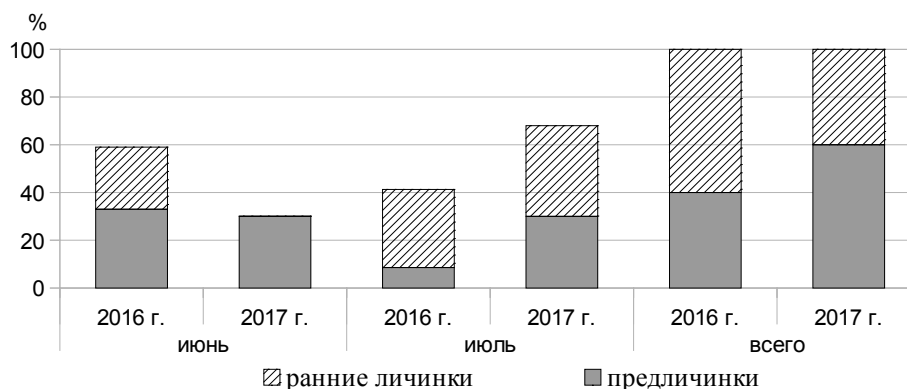


Рис. 5. Возрастной состав личинок сельди-черноспинки в 2016–2017 гг.
Age composition of Blackback shads larvae in 2016-2017

В целом за весь период наблюдений в 2016 г. преобладали ранние личинки (58,8%), предличинок было в 1,4 раза меньше. Поздние личинки и мальки в уловах встречались в единичных экземплярах.

В июне 2017 г. массово скатывались предличинки в возрасте от 1 до 5 суток (этапы развития А и В). Их доля составляла 30,5%. Ранние личинки в возрасте от 5 до 15 суток (этапы развития С1, С2, Д1) встречались в пробах в третьей декаде июня единично. Их доля равнялась 0,01%.

В июле доля предличинок осталась на том же уровне – 30%, а в предыдущие годы

(2016 г.) количество предличинок в скате в этот период было в 3,5 раза ниже. Доля ранних личинок составляла 38% и была на уровне прошлого года. Поздних личинок было 0,01%. В августе доминировали ранние личинки – 1,3%.

За весь период наблюдения в 2017 г. в скате преобладали предличинки – 59%, их доля в 1,5 раза выше, чем в 2016 г. Соответственно снизилась доля ранних личинок – 40%. Доля жизнестойкой молоди составляла 0,04%.

Поздние личинки и мальки уже полностью переходят на активное питание, ведут хищный образ жизни, у них сильнее развита

реореакция (сопротивляемость потоку воды) и их сложнее уловить. В дневное время они рассредоточиваются по линии берега и встречаются в уловах в основном в ночное время в единичных экземплярах.

Суточная динамика ската молоди.

Суточная динамика ската личинок в 2016 г.

имела следующую картину. В июне предличинки и ранние личинки скатывались как днем, так и ночью, поздние личинки – преимущественно ночью. В июле количество предличинок и ранних личинок в уловах в темное время суток увеличилось в 1,2 и 1,8 раза соответственно (рис. 6).

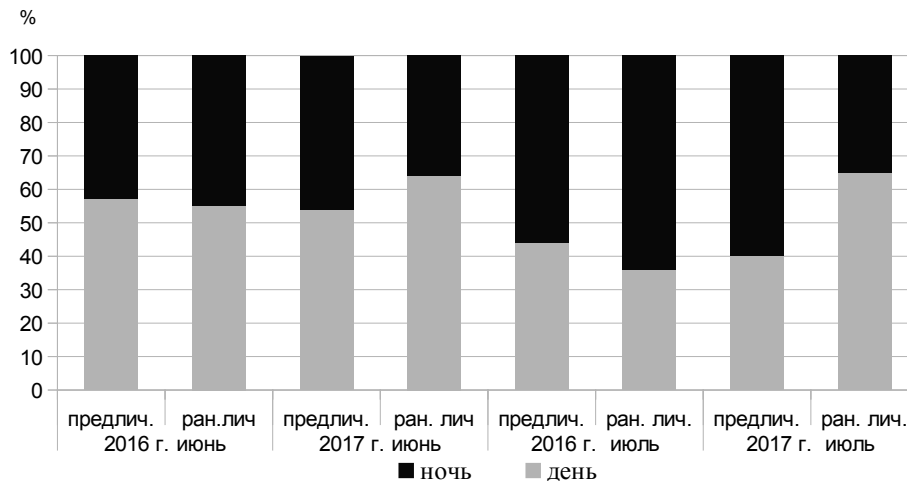


Рис. 6. Суточная динамика ската личинок сельди-черноспинки в 2016–2017 гг.
Dynamics of daily blackback shads larvae slope in 2016–2017

В июне 2017 г. предличинки и ранние личинки скатывались как днем, так и ночью, поздние личинки – преимущественно ночью. В июле доля предличинок в светлое время суток снизилась до 40%, а доля ранних личинок осталась на том же уровне – более 60%.

В августе количество предличинок в светлое время составляло 69%, ранних личинок – 44%. Мальки скатывались преимущественно в темное время суток.

Суточная динамика связана с экологией молоди и особенностями постэмбрионального развития. Поскольку уже на 2–3-е сутки у личинок развивается фотореакция, они большую часть времени проводят в движении, поднимаясь и опускаясь по вертикали. В 2017 г. отмечалось нарушение суточной динамики. Так, доля личинок в светлое время суток была больше, чем в темное время. Такое изменение связано с особенностями гидрологического режима в р. Волге в период покатной миграции личинок, высокими скоростями течения и объемами воды в 2017 г.

Распределение по слоям потока.

Покатная миграция молоди в 2016–2017 гг. проходила рассеянно по всему створу реки. Предличинки в течение всего периода наблюдения локализовались в придонных слоях потока и в толще.

Ранние личинки в светлое время суток мигрировали преимущественно в поверхностных слоях потока, а в темное время суток опускались в толщу и в придонные слои.

Поздние личинки и ранняя молодь встречались в скате в августе в темное время суток, преимущественно в придонных слоях потока и в толще.

Всего за период наблюдений в р. Волге на учетном створе у с. Замьяны (о. Гусиный) скатилось в 2016 г. 34,6, а в 2017 г. – 30,383 млрд личинки. Это на 4,22 млрд экз. меньше относительно 2016 г.

ВЫВОДЫ

1. В р. Волге оптимальные условия для воспроизводства сельди-черноспинки созда-

ются в меженный период (июнь – август) при расходах воды 6000–6500 м³/с. При увеличении расходов воды до 15,5 тыс. м³/с (2017 г.) снижаются среднесуточные концентрации личинок сельди-черноспинки и сокращаются сроки их нагула на незарегулированном участке Волги.

2. В 2016 г. наибольшее количество личинок скатилось через створ учета в июне, а в 2017 г. – в июле. Общая численность личинок составила 34,6 и 30,4 млрд экз. соответственно.

3. В период покатной миграции в 2016 г. доминировали более жизнестойкие ранние

личинки – 58,8%. В 2017 г. они составили всего 40% от общего количества выловленных личинок.

4. Гидрологический режим в р. Волге в 2017 г. повлиял на суточную динамику ската личинок сельди, в светлое время суток их доля была больше, чем в темное.

5. Распределение личинок сельди-черноспинки по слоям потока в русле р. Волги определяется этапами их развития: предличинки концентрировались в придонных горизонтах, ранние личинки – в поверхностных, а поздние – в придонных слоях и в толще потока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Водовская В. В.* Экологические аспекты биологии проходной сельди Каспия. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. – 74 с.
2. *Войнова Т. В.* Динамика уловов и биологические показатели сельди-черноспинки в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне в современных условиях (река Волга и ее водотоки) // Вестн. АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 25–29.
3. *Пятикопова О. В., Фомин С. С.* Эффективность естественного воспроизводства проходной сельди-черноспинки в 2012 г. // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: материалы междунар. научн. конф. (Санкт-Петербург, 16–18 апр. 2013 г.) – СПб.: ГосНИОРХ, 2013. – С. 324–326.
4. *Особенности естественного воспроизводства проходной сельди-черноспинки в условиях современного гидрологического режима р. Волги* / О. В. Пятикопова, Н. И. Чавычалова, С. А. Власенко, С. С. Фомин // Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ: материалы всерос. конф. (Ярославская обл., Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина, 22–25 окт. 2012 г.). – 2012. – С. 231–233.
5. *Пятикопова О. В., Войнова Т. В., Распопов В. М.* Формирование пополнения популяции сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887)) в разные по водности годы (2011, 2013 гг.) // Вестн. АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 56–61.
6. *Павлов Д. С.* Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. – М.: Наука, 1979. – 319 с.
7. *Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания* / под ред. Г. А. Судакова. – Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – С. 26–38, 83–87.
8. *Коблицкая А. Ф.* Определитель молоди пресноводных рыб. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
9. *Сомова С. Г.* Развитие сельди-черноспинки *Caspialosa kesleri* Gr. // Материалы по биологии сельдей Северного Каспия: тр. ВНИРО. – 1940. – Т. XIV. – С. 149–209.
10. *Фомичев О. А., Тарадина Д. Г.* Оценка численности покатной молоди полупроходных и речных рыб в водоемах дельты Волги // Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне: материалы докл. (Астрахань, 16–18 мая 2006 г.). – Астрахань: КаспНИРХ, 2006. – С. 233–236.

REFERENCES

1. *Vodovskaja V. V. Jekologicheskie aspekty biologii prohodnoj sel'di Kaspija.*, (Ecological aspects of the biology of the Caspian herring), KaspNIRH Astrahan», 2001, 74 p.

2. Vojnova T.V. *Rybnoe hozjajstvo*, 2013, No. 3, pp 25–29. (In Russ.)
3. Pjatikopova O.V., Fomin S.S. *Vosproizvodstvo estestvennyh populacij cennyh vidov ryb* (Reproduction of natural populations of valuable fish species), Proceeding of the International Scientific Conference), 16–18 april», Sankt-Petersburg, 2013 g., 2013. pp. 324–326. (In Russ.)
4. O.V. Pjatikopova, N.I. Chavychalova, S.A. Vlasenko, S.S. Fomin, *Bassejn Volgi v XXI veke: struktura i funkcionirovanie jekosistem vodohranilishh* (The Volga Basin in the 21st Century: Structure and Functioning of Reservoir Ecosystems): Proceeding of the All-Russian Conference, oktjabr» 22–25, Jaroslavskaja oblast», 2012 g., 2012, pp. 231–233. (In Russ.)
5. Pjatikopova O.V. Vojnova T.V., Raspopov V.M. *Rybnoe hozjajstvo*, 2014, No. 2, pp. 56–61. (In Russ.)
6. Pavlov D.S. *Biologicheskie osnovy upravlenija povedeniem ryb v potoke vody* (Biological principles of controlling the behavior of fish in the flow of water). Moskva: Nauka, 1979, 319 p.
7. *Instrukcii po sboru i pervichnoj obrabotke materialov vodnyh bioresursov Kaspijskogo bassejna i sredy ih obitanija* (Instructions on collecting and primary processing of materials of aquatic bioresources of the Caspian basin and their habitat), Astrahan», 2011, pp. 26–38, 83–87.
8. Koblickaja A.F. *Opredelitel» molodi presnovodnyh ryb* (Determinant of juvenile freshwater fish) Moscow: Nauka, 1981, 208 p.
9. Somova S.G. *Materialy po biologii sel'dej Severnogo Kaspija* (Materialy po biologii sel'dej Severnogo Kaspija) trudy VNIRO., No. 14, 1940, pp. 149–209.
10. Fomichev O.A., Taradina D.G. *Sovremennoe sostojanie i puti sovershenstvovanija nauchnyh issledovanij v Kaspijskom bassejne* (Current state and ways to improve scientific research in the Caspian basin) Proceeding of the Conference maj 16–18, Astrahan», 2006 g., 2006, pp. 233–236. (In Russ.)