

УДК 597.5.591.5

ЗИМНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ В РУСЛОВОЙ ЯМЕ РЕКИ ИРТЫШ

© 2019 г. А. Д. Мочек¹ *, Э. С. Борисенко¹, Д. С. Павлов¹

¹Институт проблем экологии и эволюции РАН – ИПЭЭ, Москва, Россия

*E-mail: amochek@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.10.2018 г.

После доработки 09.10.2018 г.

Принята в печать 11.10.2018 г.

С помощью компьютеризированных гидроакустических комплексов исследовано зимнее распределение рыб на крупнейшей русловой яме р. Иртыш. Установлено, что подо льдом на русловой яме образуются скопления рыб, местоположение, плотность, численность и размерный состав которых претерпевают в течение зимы существенные изменения. В начале зимы плотность и численность скоплений рыб выше, чем в предвесенний период. Распределение рыб по площади ямы меняется из месяца в месяц, но приуроченность большинства рыб к толще воды и приповерхностным горизонтам остаётся неизменной. На акватории ямы рыбы повсеместно объединены в динамичные агрегации. Большая часть рыб подо льдом представлена малоразмерными особями карповых (Cyprinidae),

Ключевые слова: рыбы, распределение, поведение, зимовка, гидроакустика, русловая яма, р. Иртыш.

DOI: 10.1134/S0042875219030147

Феномен концентрации рыб на глубоководных участках водоёмов неоднократно отмечен в литературе (Вотинов, 1958; Никольский, 1963; Иоганзен, 1972; Поддубный, Малинин, 1988). Наши исследования на нижнем Иртыше, в Горнослинkinской русловой яме, позволили детально изучить распределение рыб, закономерности формирования их скоплений в период открытой воды (Павлов, Мочек, 2005; Pavlov et al., 2006; Экология рыб ..., 2006; Павлов и др., 2011). Известно, что с наступлением зимы распределение и поведение рыб во внутренних водоёмах умеренных и высоких широт существенно меняется, однако особенности подлёдного распределения рыб на крупных реках изучены недостаточно. В малых реках льдообразование является критическим фактором для выживания молоди лососёвых (Salmonidae) вследствие образования донного льда (Brown, 1999; Stickler et al., 2006; Stickler, 2008; Brown et al., 2011). Поэтому зимой рыбы в таких водотоках концентрируются на участках с минимальным течением и слабой степенью промерзания (Brown, 1999; Stickler et al., 2006; Huusko et al., 2007; Stickler, 2008; Brown et al., 2011). В озёрах в течение подлёдного периода численность и размерный состав рыб в скоплениях и их размещение изменяются.

В лимнических водоёмах после ледостава распределение рыб определяется температурным режимом разных горизонтов, их кислородной обеспеченностью, особенностями оборонительно-пищевых отношений гидробионтов (Щербаков,

1967; Eckmann, 1995; Steinhart, Wurtsbaugh, 1999). Универсальной особенностью подлёдного распределения рыб в озёрах является образование скоплений на фоне сохранения суточной ритмики их вертикальных кочёвок (Павлов и др., 1991; Presnyakov, Borisenko, 1993; Eckmann, 1995; Steinhart, Wurtsbaugh, 1999; Jurvelius, Marjoma, 2008).

По известным нам литературным данным, специальные ихтиологические исследования русловых ям крупных рек в зимнее время ранее не проводились. Материалы, отражающие закономерности освоения рыбами русловых ям подо льдом, необходимы для понимания экологической роли этих участков речной системы и представляют актуальность в практическом отношении (Павлов, Мочек, 2005).

Цель работы – изучить особенности зимнего распределения рыб на крупной русловой яме в подлёдный период с декабря по март: выявить динамику плотности, размерного состава и численности рыб, распределение скоплений рыб по площади ямы и глубинам, изучить их агрегации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Горнослинkinская русловая яма р. Иртыш расположена в координатах 58°44' с.ш. 68°41' в.д.; образована по руслу реки, имеет сложную форму с двумя поворотами на 90°; её протяжённость 1.5 км, площадь акватории превышает 58 га. Скорость течения на стрежне достигает 1.5 м/с, а перепады глубин – более 40 м. Вследствие сильного тече-

Общая численность рыб, плотность скопления и соотношение разных размерных групп на акватории Горно-слинтинской русловой ямы в зимний период, %

Дата	Численность, экз.	Плотность, экз/га		Длина рыб, см			
		средняя	максимальная	5–7	8–16	17–32	>32
24.12.2006	22100	727	9600	43	42	8	7
12.01.2007	25700	789	9728	37	39	18	6
20.01.2007	25900	795	33000	32	49	14	5
02.02.2007	16200	498	5500	26	42	23	9
08.03.2007	23200	713	6600	24	53	15	8
20.03.2007	13200	404	8400	28	56	11	5

ния, сложной формы русла и срединного поднятия дна по стрежне ямы образуются мощные водовороты с вертикальной осью вращения, у берегов и на больших глубинах формируются зоны гидравлической тени.

Среди рыбного населения русловой ямы по численности доминируют Cyprinidae (более 98% — преимущественно молодь): *Leuciscus idus*, *Abramis brama*, *Rutilus rutilus*, *Leucaspis delineates*, *Carrasius carrasius*. Рыбы других фоновых семейств — Percidae (*Perca fluviatilis*, *Stizostedion lucioperca*, *Gymnocephalus cernuus*), Acipenseridae (*Acipenser ruthenus*), Esocidae (*Esox lucius*), Gadidae (*Lota lota*) — встречаются значительно реже. Видовая принадлежность рыб установлена на основе сетных обловов, а также оригинального гидроакустического метода — анализа огибающей эхосигнала (Pavlov et al., 2010).

Изучение особенностей жизнедеятельности рыб на русловых ямах, и тем более подо льдом, требует применения специальных методик. В последние десятилетия для подлёдных ихтиологических исследований широко используется гидроакустическая аппаратура в сочетании с контрольным ловом рыб (Presnyakov, Borisenko, 1993; Eckmann, 1995; Steinhart, Wurtsbaugh, 1999; Jurvelius et al., 2000, 2011; Jurvelius, Marjoma, 2008). Настоящая работа основана на гидроакустическом зондировании акватории как рациональном и предпочтительном на сегодняшний день способе изучения рыбного населения крупных естественных водотоков.

Исследования проводили с декабря 2006 по март 2007 г., т.е. в период устойчивого ледового покрова на Иртыше. Основная часть работы выполнена с использованием компьютеризованного комплекса вертикального зондирования “Ас-кор” (ООО “Промгидроакустика”, Россия), который включает эхолот с частотой излучения 50 и 200 кГц, передающие компоненты, систему фиксации, анализа и преобразования эхосигналов. Приёмно-передающие антенны размещали подо льдом. Для этого бурили 18 лунок диаметром 20 см по стрежневой трансекте и 6 лунок на поперечной

трансекте в верхней и нижней оконечностях ямы. Отражённый акустической целью сигнал эхолота записывался в цифровой форме на твёрдый диск ноутбука. В итоге дистанционным путём определяли плотность скоплений и размер обнаруженных рыб, их местоположение по горизонтальным и вертикальным векторам. Дальнейшая компьютерная обработка позволяла с помощью специальных программ создавать таблицы, графические отображения и планшеты распределения рыб в водоёме.

Для наблюдения за агрегациями рыб подо льдом, фиксации их перемещений и межгруппового обмена особями применяли гидролокатор кругового обзора FSS-3300 (“Symrad”, Норвегия). Антенну локатора устанавливали на глубине 10 м в срединной части ямы через прорубь размером 0.5 × 0.5 м. С помощью этого прибора зондировали толщу воды до дна и таким образом регистрировали всех рыб в границах диаграммы направления антенны — 20°. Продолжительность наблюдения составила 1 ч, причём каждые 5 мин изображение останавливали для компьютерной фиксации местоположения и перемещения рыб. Изображение на мониторе гидролокатора записывали на жёсткий диск с обозначениями расположения агрегаций рыб и одиночных особей, береговых отрогов и срединного поднятия дна на русловой яме. По визуализированным перемещениям рыб оператор в дальнейшем строил этограммы состояния скоплений.

Всего проведено шесть серий гидроакустического зондирования по каждой из трансект с помощью эхолота и одно наблюдение на стрежне с помощью гидролокатора. Исследования выполняли в светлое время суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В течение всей зимы на русловой яме подо льдом постоянно находится скопление рыб, но его местоположение и плотность, а также численность и размерный состав рыб меняются. Наибольшая плотность скопления отмечена в разгар зимы (декабрь–январь), а к концу зимы (фев-

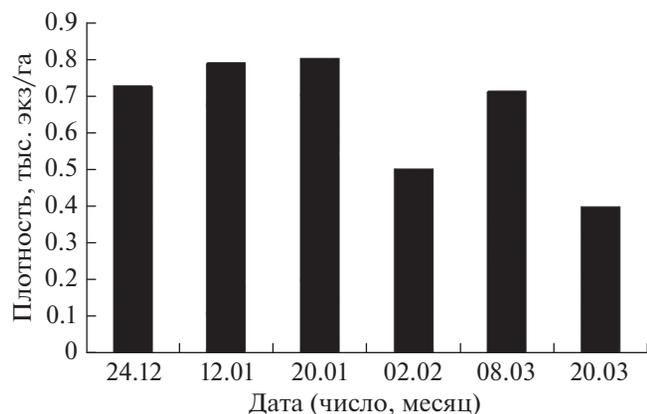


Рис. 1. Средняя плотность скопления рыб на акватории Горнослинкинской ямы в зимний период с декабря 2006 по март 2007 гг.

раль–март) наблюдается тенденция её уменьшения (рис. 1). Соответственно, численность скопления рыб на яме претерпевала значительные колебания в течение всей зимы при сохранении общего тренда на снижение к началу весны. Основу скопления рыб на яме постоянно составляли особи длиной 8–16 см. Вместе с тем доля особей минимального (5–7 см), а также среднего (17–32 см) и крупного (>32 см) размера менялась от месяца к месяцу (таблица).

Освоение рыбами пространства русловой ямы отражает динамичность процесса их распределения (рис. 2, 3). В начале зимы (декабрь–январь) скопление рыб занимает наибольшее пространство русловой ямы как по площади акватории (рис. 2а–2в), так и по глубине (рис. 3а–3в). В последующий зимний период горизонтальные и вертикальные пределы массового размещения рыб сужаются. Если в декабре и январе нижняя граница скопления рыб достигала глубины 30–35 м, то в феврале лишь 20 м (рис. 3г). В марте рыбы размещались главным образом до глубины 25–30 м (рис. 3д, 3е). По мере прохождения зимнего периода участок максимальной плотности скопления смещался по направлению к стрежню реки (2д). В наибольшей степени тенденция перехода скопления на стрежень проявилась в конце марта (рис. 2е). Одновременно наблюдался подъём основной массы рыб на глубины не более 25 м (рис. 3е). На протяжении всей зимы максимальная плотность скопления была приурочена к участкам неоднородного донного рельефа – срединному поднятию и прибрежному отрогу ямы.

Скопления рыб на русловой яме представлены динамичными агрегациями (рис. 4). Одиночные рыбы, а также группы постоянно меняют своё местоположение, причём между ними наблюдается обмен особями. У береговых отрогов и на срединном поднятии ямы могут располагаться придон-

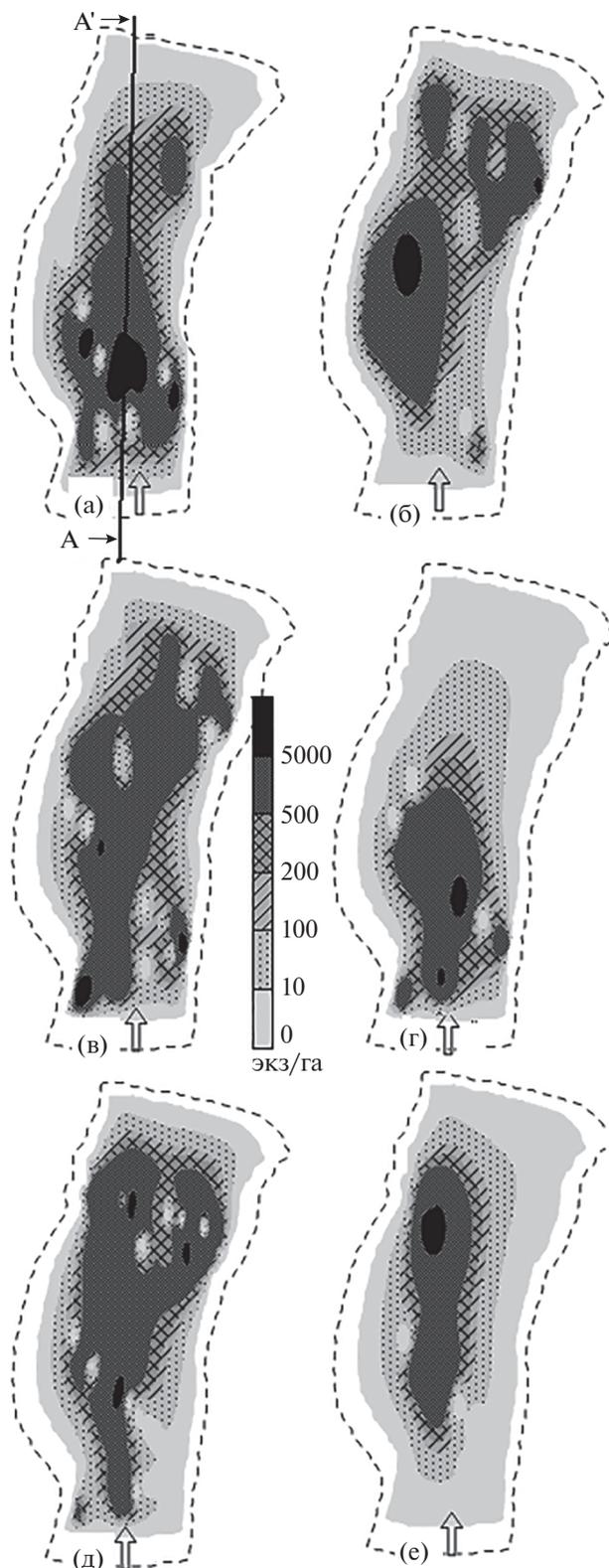


Рис. 2. Планшеты размещения рыб на акватории Горнослинкинской русловой ямы в подлёдный период: а – 24.12.2006 г., б – 12.01.2007 г., в – 20.01.2007 г., г – 02.02.2007 г., д – 08.03.2007 г., е – 20.03.2007 г.; (⇒) – направление течения реки; А–А' – стрежневая трансекта.

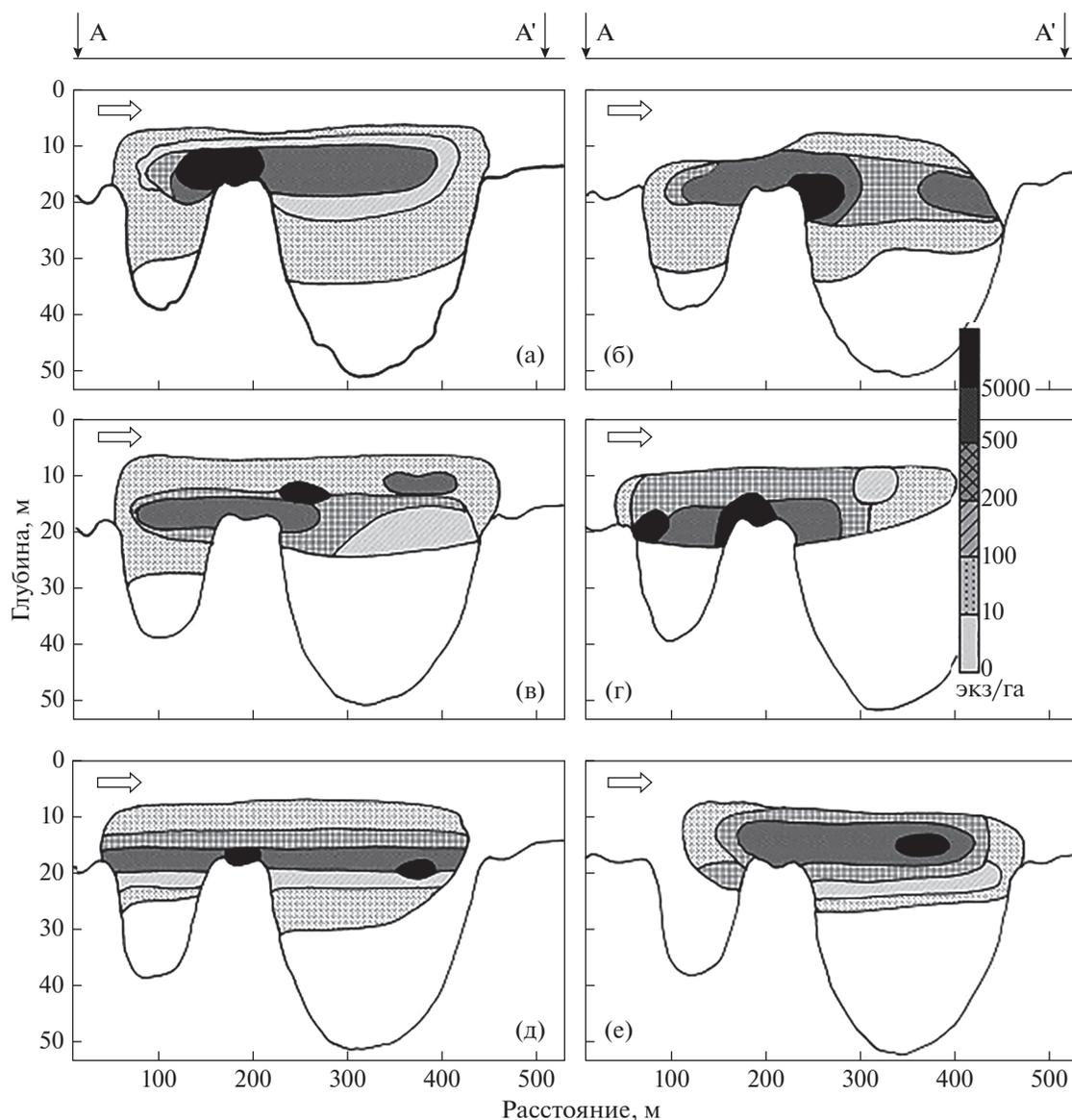


Рис. 3. Вертикальная структура скопления рыб на Горнослинкинской русловой яме в зимний период: а – 24.12.2006 г., б – 12.01.2007 г., в – 20.01.2007 г., г – 02.02.2007 г., д – 08.03.2007 г., е – 20.03.2007 г.; обозначения см. на рис. 2.

ные агрегации, а в толще воды – пелагические группы и одиночные особи. Агрегации рыб распадаются и формируются вновь, увеличиваются в размерах за счёт соседних групп.

ОБСУЖДЕНИЕ

Зимнее распределение рыб на русловой яме характеризуется динамичными чертами: происходят изменения плотности, численности, размерного состава и местоположения скопления. Максимальная плотность скопления рыб наблюдается в начале зимы, однако на протяжении зимы она заметно снижается, падая до минимума весной. В первую половину зимы на акватории

ямы численность рыб в скоплении была максимальной, а в конце зимы она уменьшилась практически в два раза. Вероятно, к весне значительная часть молоди и даже крупных рыб погибают, а часть производителей покидают участки зимовки, мигрируя к местам размножения и нагула. В течение зимних месяцев наблюдаются широкие перемещения рыб по площади русловой ямы, хотя основная масса рыб предпочитает неоднородности донного рельефа. Вертикальное распределение рыб претерпевает лишь незначительные изменения с сохранением очевидной приуроченности основной массы рыб к пелагическим горизонтам.

Молодь в пелагиали образует подвижные агрегации с переменным составом. На протяжении

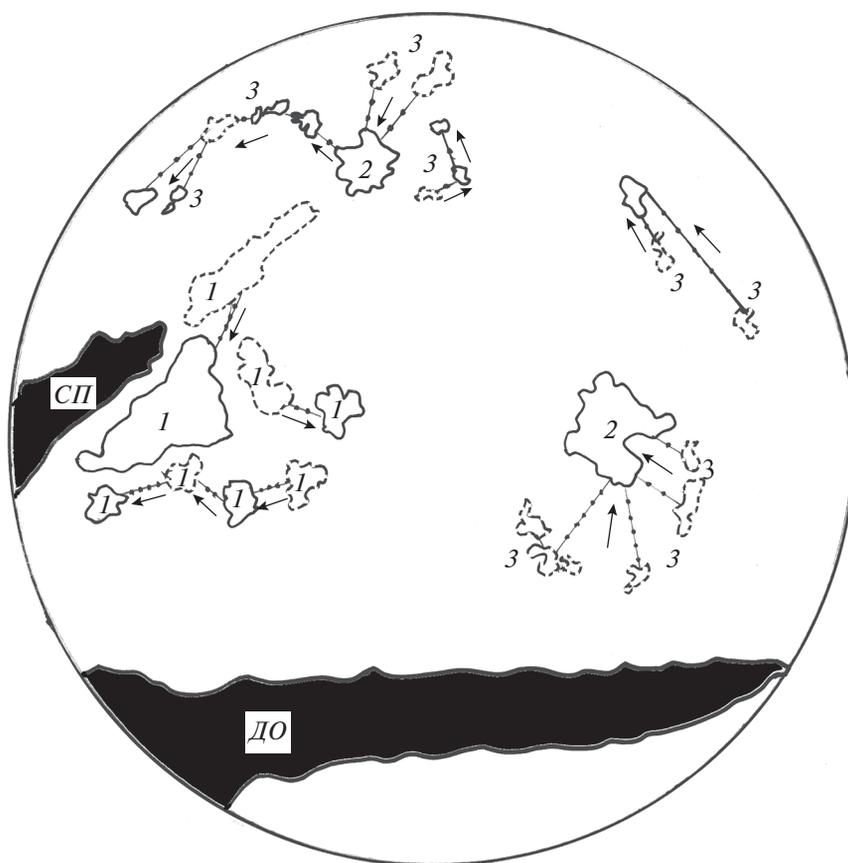


Рис. 4. Придонные (1) и пелагические (2) агрегации рыб и одиночные особи (3), по данным регистрации сканирующим гидролокатором кругового обзора FSS-3300 срединного поднятия (СП) и донных отрогов (ДО) Горнослинkinской русловой ямы в марте 2007 г.; (- -) – первоначальное положение скоплений, (—) – итоговое положение скоплений спустя 1 ч, (→) – направление перемещений рыб.

ограниченного времени агрегации распадаются, многие особи их покидают, объединяясь в малые группы, но вскоре рыбы образуют новые агрегации (рис. 4). Этот процесс напоминает известный эффект стохастического движения в кормящихся стаях рыб (Радаков, 1972). Столь интенсивная изменчивость объединений молоди объясняется разными причинами, в том числе воздействием крайне неоднородных гидравлических условий на русловой яме.

Скопления рыб на акватории русловых ям крупных рек наблюдаются всесезонно – при открытой воде и подо льдом. В их составе встречаются все размерно-возрастные группы – от ранней молоди до производителей, хотя весной и в начале лета абсолютно доминирует молодь (Pavlov et al., 2006). Концентрирующий эффект русловых ям для рыб как зимой, так и летом определяется внешними условиями этого своеобразного биотопа. Вследствие мощного течения, перепадов глубины и резких поворотов русла на яме формируется сложная гидравлическая структура потока с разнонаправленными водоворотами. На

этот участок течением реки заносится покатная молодь, активно подходят производители. Рыбы, попавшие на русловые ямы, подолгу остаются в таких местообитаниях. С одной стороны, водовороты на длительное время дезориентируют и удерживают рыб в пелагиали (Павлов, 1979). С другой стороны, у отрогов ямы и на больших глубинах формируются затишные зоны, где рыбы могут находиться длительное время, применяя при этом минимум усилий. Кроме того, интенсивное перемешивание водных слоёв благоприятствует улучшению кислородного и термального режимов местообитания. Хищники на русловой яме находят обильную кормовую базу, а их потенциальные жертвы (молодь рыб) приобретают дополнительную возможность защиты. Эти особенности биотопа ямы в целом способствуют концентрации и длительному пребыванию здесь множества рыб.

Таким образом, исследования на Горнослинkinской русловой яме показали, что зимой здесь формируются скопления рыб, основу которых составляют особи малых размеров – от 8 до 16 см.

На протяжении зимы меняются местоположение, плотность, численность и размерный состав скоплений. Распределение рыб по площади ямы изменчиво, но приуроченность большинства особей к толще воды и приповерхностным горизонтам остаётся постоянной. Скопления рыб на яме образуются вследствие водоворотной структуры течения на резких перепадах глубин и поворотах русла. Молодь в массе попадает на яму с транзитным потоком и длительное время остаётся дезориентированной в водоворотах либо держится на затишных участках биотопа. На акватории русловой ямы формируются разные по размеру агрегации рыб, между которыми происходит обмен особями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Е.А. Дегтева и Р.Р. Шакирова (Тобольская биологическая станция РАН) за участие в сборе и обработке полевого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вотинов Н.П. 1958. Осетровые рыбы Обского бассейна. Тюмень: Тюмен. книж. изд-во, 42 с.
- Иоганзен Б.Г. 1972. Зональное и биотопическое распределение рыб в долине Оби // Биологические ресурсы поймы Оби. Новосибирск: Наука. С. 270–291.
- Никольский Г.В. 1963. Экология рыб. М.: Высш. шк., 368 с.
- Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука, 319 с.
- Павлов Д.С., Мочек А.Д. 2005. Рыбные ресурсы Обь-Иртышского бассейна и роль зимовальных ям в их сохранении // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Т-во науч. изд. КМК. С. 132–138.
- Павлов Д.С., Гусар А.Г., Михеев В.Н. и др. 1991. Пространственное распределение и биология плотвы в пелагиали озера Глубокое в подледный период // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 96. Вып. 2. С. 95–102.
- Павлов Д.С., Мочек А.Д., Борисенко Э.С. и др. 2011. Распределение рыб в пойменно-русловом комплексе Нижнего Иртыша // Биология внутр. вод. № 2. С. 71–79.
- Поддубный А.Г., Малинин Л.К. 1988. Миграции рыб во внутренних водоемах. М.: Агропромиздат, 223 с.
- Радаков Д.В. 1972. Стайность рыб как экологическое явление. М.: Наука, 174 с.
- Щербаков А.П. 1967. Озеро Глубокое. М.: Наука, 377 с.
- Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. 2006 / Под ред. Павлова Д.С., Мочек А.Д. М.: Т-во науч. изд. КМК, 506 с.
- Brown R. 1999. Fall and early winter movements of cutthroat trout, *Oncorhynchus clarki*, in relation to water temperature and ice conditions in Dutch Creek, Alberta // Environ. Biol. Fish. V. 55. P. 359–368.
- Brown R., Wayne A., Steven F. 2011. A primer on winter, ice, and fish: what fisheries biologists showed know about winter ice processes and stream-dwelling fish // Fisheries. V. 36. № 1. P. 8–28.
- Eckmann R. 1995. Abundance and horizontal distribution of Lake Constance pelagic whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) during winter // Advanc. Limnol. V. 46. P. 249–259.
- Huusko A., Greenberg L., Stickler M. et al. 2007. Life in the ice lane: the winter ecology of stream salmonids // River Res. Applicat. V. 23. P. 469–491.
- Jurvelius J., Marjoma T. 2008. Night, day, sunrise, sunset: do fish under snow and ice recognize the difference? // Freshwat. Biol. V. 53. P. 2287–2294.
- Jurvelius J., Lilja J., Hirvonen E. et al. 2000. Under ice density in fish stocks in lakes: gill netting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods // Aquat. Liv. Resour. V. 13. P. 403–408.
- Jurvelius J., Kolari I., Leskela A. 2011. Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods // Hydrobiologia. V. 660. P. 29–36.
- Pavlov D.S., Mochek A.D., Borisenko E.S. et al. 2006. Biological significance of the Gornoslinkinskaya riverbed depression in the Irtysh // J. Ichthyol. V. 46. Suppl. 2. P. S125–S133.
- Pavlov D.S., Mochek A.D., Borisenko E.S., Degtev A.I. 2010. Hydroacoustic investigation of taxonomic composition and of vertical distribution of fish in the riverbed depression // Ibid. V 50. №. 11. P. 969–976.
- Presnyakov V.V., Borisenko E.S. 1993. The study of fish behaviour under ice of Lake Glubokoe by means of scanning sonar // Fish. Res. V. 15. P. 323–329.
- Steinhart G.B., Wurtsbaugh W.A. 1999. Under-ice diel vertical migrations of *Oncorhynchus nerka* and their zooplankton prey // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 56. № 1. P. 152–161.
- Stickler M. 2008. Anchor ice formation and habitat choice of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr in steep streams: Th. Ph.D. Norw. Univ. Sci. Techn., 273 p
- Stickler M., Enders E.C., Pennell C.J. et al. 2006. Alfredsen. Gradient related movement of Atlantic salmon parr during a freeze up event in a small natural river // Proc. 18-th IAHR Int. Symp. Ice. P. 49–61.