

# ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

DOI: 10.24143/2073-5529-2020-4-7-21  
УДК 597.2/.5; 574.5; 639.2/3

## ЛОКАЛИТЕТ ФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ЗИМОВАЛЬНОЙ ЯМЫ В РЕКЕ ИРТЫШ

*А. А. Чемагин*

*Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук,  
Тюменская обл., Тобольск, Российская Федерация*

С целью рационального использования и эффективной охраны водных биологических ресурсов в местах их концентрации в бассейне р. Иртыш (Западная Сибирь, Российская Федерация) обнаружен и описан локалитет формирующейся зимовальной русловой ямы в зоне размыва перешейка сопряженных меандр реки. Выполнено картирование морфологии дна ямы (рельефная и батиметрическая карты). Максимальные глубины в акватории русловой ямы превышали отметку 27 м. Исследована акватория русловой ямы и 4-х контрольных речных участков. Из анализа результатов гидроакустических съемок следует, что в акватории зимовальной ямы наблюдаются статистически достоверно более высокие плотности рыб, чем на контрольных участках: в акватории ямы средняя плотность рыб составила 4 524 экз./га, на контрольных участках – от 245 до 2 091 экз./га. При кластерном анализе на основе данных о плотности рыб и размерно-таксономическом составе ихтиофауны установлено, что участок русловой ямы выделяется в отдельный кластер, но при этом имеет тенденцию к объединению с контрольным участком № 4, который расположен ниже по течению, где отмечается дальнейший размыв русла реки. В связи с этим минимальная охранная зона зимовальной русловой ямы должна включать в себя акваторию самой русловой ямы и акваторию контрольного участка № 4. В акваториях русловой ямы и контрольных участков в весенний период доминируют карповые рыбы – до 65 % от общего числа рыб, в меньшей степени представлены окуневые – 36,76 %, сиговые и щуковые – до 18,18 %, осетровые – до 9,31 %. Данный локалитет зимовальной русловой ямы необходимо внести в перечень речных участков, охраняемых Правилами рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна, в целях разработки эффективной стратегии охраны, восстановления и рационального использования водных биологических ресурсов, в том числе редких и исчезающих видов рыб р. Иртыш и всего Обь-Иртышского бассейна в целом.

**Ключевые слова:** русловая яма, акватория, временно ограниченный биотоп, скопления рыб, Acipenseridae, карповые, окуневые, щуковые и сиговые.

**Для цитирования:** Чемагин А. А. Локалитет формирующейся зимовальной ямы в реке Иртыш // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 4. С. 7–21. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-4-7-21.

### Введение

Ихтиофауна постоянно находится под действием факторов антропогенного пресса: незаконного браконьерского вылова, строительства плотин, приводящего к сокращению нерестилищ и нарушению миграционных путей [1–6], прямого и опосредованного воздействия поллютантов (нефтепродуктов, тяжелых металлов) [7–10].

Во всем мире исследователи и природоохранные организации пытаются отслеживать популяции редких и ценных видов рыб для снижения воздействия на них [3, 11, 12]. Кроме того, более расширенные знания о пресноводных экосистемах – реках с их поймами, водно-болотными угодьями, представляющими собой целостные динамические водные системы, – лежат в основе со-

хранения биоразнообразия и целостности экосистемы водоемов [13–16]. Таким образом, для рационального использования популяций гидробионтов необходим эффективный мониторинг и охрана, которые, при значительных масштабах местообитаний, возможны в местах скопления особей ценных видов рыб, например на нерестилищах или местах зимовки.

В бассейне Нижнего Иртыша к местам зимовки относят зимовальные русловые ямы – места концентрации рыб, в том числе и исчезающего редкого вида осетровых рыб – сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). Следует отметить, что русло р. Иртыш изменчиво, в результате эрозионно-русловых процессов происходит его переформирование, изменение батиметрических характеристик (горизонтальная и вертикальная деформация русла) [17], в результате чего может наблюдаться либо формирование, либо утрата зимовальных русловых участков.

Цель работы – описание локалитета (первичной комплексной единицы географического пространства, включающей определенную местность) русловой зимовальной ямы в бассейне Нижнего Иртыша для включения ее в охранный список Правил рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна.

### Методика исследований

Исследуемые участки реки находятся в нижнем течении р. Иртыш вблизи п. Уки Уватского района Тюменской области (Западная Сибирь, Российская Федерация) (рис. 1).

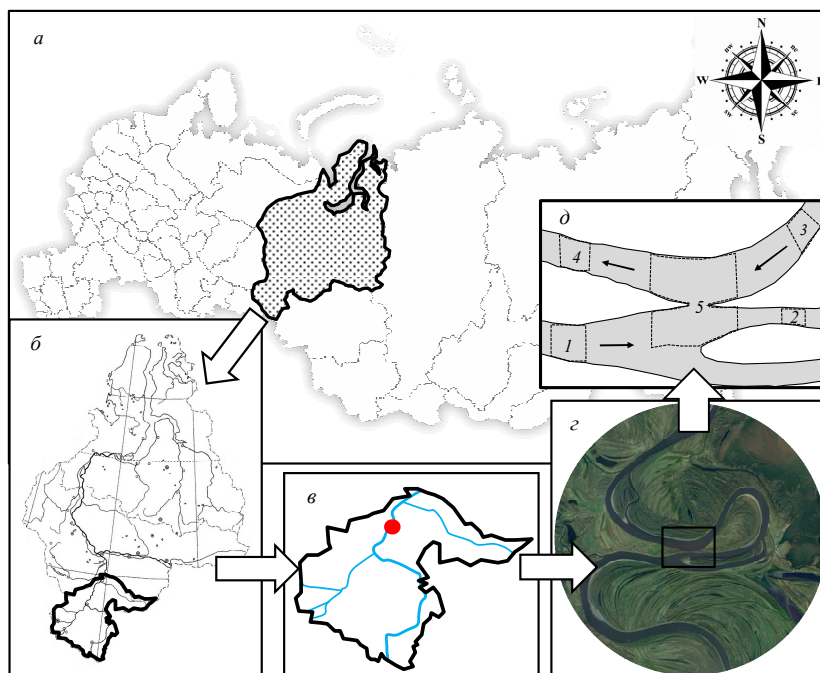


Рис. 1. Карта-схема района исследований:  
 а – Российская Федерация; б – Тюменская область; в – локалитет русловой ямы;  
 г – спутниковый снимок локалитета русловой ямы;  
 д – схема расположения русловой ямы и контрольных участков:  
 1–4 – контрольные участки; 5 – русловая яма

Акватория русловой ямы и контрольных участков расположены в следующих координатах: русловая яма –  $58.857600^{\circ}$  с. ш.,  $68.742267^{\circ}$  в. д.; контрольный участок № 1 –  $58.853681^{\circ}$  с. ш.,  $68.716809^{\circ}$  в. д.; контрольный участок № 2 –  $58.856008^{\circ}$  с. ш.,  $68.758043^{\circ}$  в. д.; контрольный участок № 3 –  $58.863373^{\circ}$  с. ш.,  $68.758391^{\circ}$  в. д.; контрольный участок № 4 –  $58.861899^{\circ}$  с. ш.,  $68.718168^{\circ}$  в. д. (рис. 1).

Исследования выполнены гидроакустическим методом с использованием компьютеризированного акустического комплекса «AsCor» (ООО «Промгидроакустика», г. Петрозаводск) в период 1.05.2020, 10.05.2020 и 27.05.2020 г.

По исследуемым акваториям передвигались по сетке галсов согласно общепринятой методике проведения гидроакустических съемок [18]. Работа комплекса основана на использовании серийного двухлучевого эхолота Furuno LS 4100 (Furuno Inc., Япония) с рабочими частотами 50 и 200 кГц. В состав комплекса также входит блок аналогово-цифрового преобразователя, с помощью которого данные приемника-передатчика (антенна) эхолота записываются в виде файла на полевой планшет.

Данные гидроакустических съемок обрабатывали с помощью программного обеспечения «AsCor», в котором также определяли длину тела зарегистрированных особей рыб. Таксономическую идентификацию ихтиофауны по результатам эхометрического зондирования на исследуемых речных участках проводили на основе формы плавательного пузыря [19] в лабораторных условиях с помощью программы «Тахопому», всех наиболее массовых видов рыб относили к 4-м группам: карповые (двухкамерный пузырь), окуневые (асимметричный изогнутый пузырь), щуковые и сиговые (симметричный пузырь), осетровые и налимовые (пузырь в виде трубки). Следует отметить, что ввиду низкой активности налима *Lota lota* (Linnaeus, 1758) его регистрация затруднена, в связи с этим в рассматриваемый период последнюю группу рыб учитывали как осетровые. Гидроакустическую съемку использовали для определения плотности рыб, их таксономического состава, а также для определения глубины и морфологии дна. Для построения рельефной и батиметрической карты дна в акватории русловой ямы использовали геоинформационные программы: «Google Earth Pro 7.3.3» (Google Inc., США) для экспортирования спутникового снимка, для основы карты – «MapWiewer 6.0» и «Surfer 6.0» (Golden Software, США), для оцифровки основы карты местности и построения батиметрической и рельефной карты дна методом интерполяции – «Inverse distance to a Power» [20] в формате World Geodetic System 1984. Статистическую обработку данных проводили в программе «Statistica 10.0» (Statsoft, США).

Для контроля видового состава ихтиофауны проводили контрольный лов рыбы ставными и плавными жаберными сетями.

### Результаты исследований

В 2019 г. на исследуемом участке Нижнего Иртыша в результате эрозионного действия потока в сопряженных меандрах нами отмечен один из этапов петлеобразной ( $\omega$ -видной) эволюции русла: размыв перешейка и слияние русловых участков с интенсивным размывом ложа реки, вследствие чего формируется глубоководный участок русла (рис. 2).

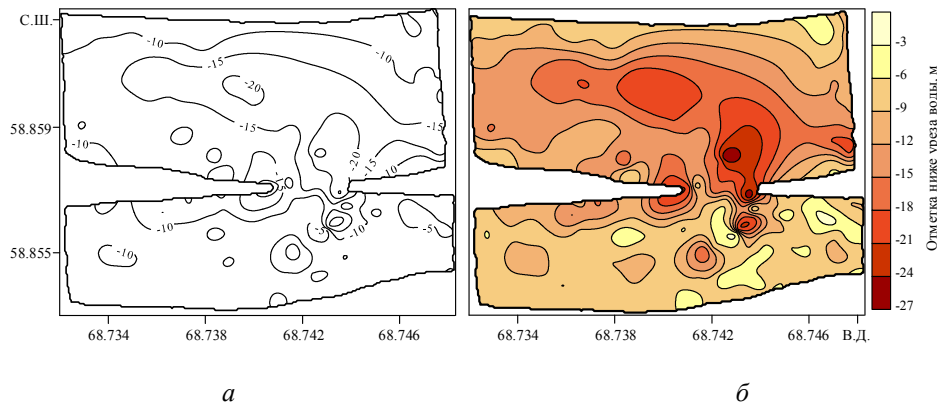


Рис. 2. Батиметрическая (а) и рельефная карта (б) донной поверхности глубоководной части зимовальной русловой ямы

В результате выполненных гидроакустических съемок и построения батиметрических карт формирующейся русловой ямы установлено, что в период исследований максимальные отметки глубин составили более 27 м, глубоководная область отмечена в левобережной зоне размыва реки на участке меандр (излучин) при взаимно проникающих потоках (рис. 2). Из-за взаимодействия встречных потоков формируются вертикальные вихревые структуры (водовороты) и наблюдается дальнейший размыв русла вниз по течению от зоны размыва перешейка между участками русла, таким образом, формируется сложная гетерогенная турбулентная среда в зоне русловой зимовальной ямы (рис. 2).

По данным контрольного лова рыбы установлено, что ихтиофауна представлена характерными для Нижнего Иртыша видами с доминированием карповых рыб: плотвы (*Rutilus rutilus* Linnaeus), язя (*Leuciscus idus* Linnaeus), ельца (*Leuciscus leuciscus* Linnaeus), леща (*Abramis brama* Linnaeus), золотого карася (*Carassius carassius* Linnaeus), серебряного карася (*Carrassius auratus* Linnaeus). Семейство окуневых представлено 3-мя видами: окунем (*Perca fluviatilis* Linnaeus), ешом (*Gimnocephalus cernuus* Linnaeus, 1758), судаком (*Sander lucioperca* Linnaeus). Среди ценных рыб отмечены представители осетровых: стерлядь (*Acipenser ruthenus* Linnaeus), сибирский осетр (*Acipenser baerii* Brandt) – и сиговых рыб: нельма (*Stenodus leucichthys nelma* Pallas). Из щуковых и налимовых отмечено по одному виду: щука (*Esox lucius* Linnaeus) и налим (*Lota lota* Linnaeus, 1758), который в уловах был очень редок.

По результатам дистанционного эхометрического зондирования установлено, что размерный и таксономический состав ихтиофауны, а также показатель плотности рыб исследуемых участков реки отличались между собой как в пространственном, так и во временном аспекте.

**Результаты исследования от 01.05.2020.** При исследовании акватории русловой ямы доля карповых рыб составила 52,09 %, окуневых – 31,94 %, сиговых и щуковых – 10,19 %, осетровых рыб – 5,78 %. При этом среди карповых рыб доминировали особи с размерами тела 5–10 см, их доля составила 69,91 % от общей численности карповых в акватории русловой ямы (табл.).

**Соотношение зарегистрированных групп рыб в акватории русловой ямы и контрольных участков р. Иртыш (май, 2020 г.)**

Дата съёмки	Участок реки	Группы рыб	Доля от общего числа рыб, %	Доля размерных групп рыб, %								
				<5 см	5–10 см	10–15 см	15–20 см	20–25 см	25–30 см	30–35 см	>35 см	
01.05.2020	Русловая яма	Карповые	52,09	8,67	69,91	15,04	4,59	0,86	0,5	0,22	0,21	
		Окуневые	31,94	5,14	67,17	18,47	5,37	1,64	1,28	0,81	0,12	
		Щуковые и сиговые	10,19	0,71	36,63	31,14	8,43	8,06	4,39	2,2	8,44	
		Осетровые	5,78	6,47	44,52	26,45	7,74	5,16	2,54	3,23	3,89	
	Контрольные участки	№ 1	Карповые	61,16	13,86	76,65	8,03	0,73	0	0,73	0	0
			Окуневые	26,34	8,47	71,16	15,27	3,40	1,70	0	0	0
			Щуковые и сиговые	7,14	0	43,75	43,75	0	0	12,50	0	0
			Осетровые	5,36	16,68	50	8,33	8,33	8,33	0	0	8,33
		№ 2	Карповые	55,18	0	90,9	9,1	0	0	0	0	0
			Окуневые	29,33	20	80	0	0	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	7,16	0	50	50	0	0	0	0	0
			Осетровые	8,33	0	100	0	0	0	0	0	0
		№ 3	Карповые	63,36	11,53	76,93	9,9	1,44	0,20	0	0	0
			Окуневые	25,69	6,23	79,54	12,89	1,34	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	6,38	0	46,44	39,28	14,28	0	0	0	0
			Осетровые	4,57	15,00	57,50	20,00	2,50	5,0	0	0	0
		№ 4	Карповые	61,95	7,14	74,29	11,43	7,14	0	0	0	0
			Окуневые	23,01	0	80,78	15,39	3,83	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	8,85	0	40	60	0	0	0	0	0
			Осетровые	6,19	0	28,58	57,15	0	0	0	14,27	0
10.05.2020	Русловая яма	Карповые	60,80	7,42	72,51	15,35	3,61	0,52	0,35	0,12	0,12	
		Окуневые	27,07	4,81	66,95	20,95	5,9	0,74	0,55	0,1	0	
		Щуковые и сиговые	7,21	0,59	33,34	40,59	11,96	7,24	3,53	0,98	1,77	
		Осетровые	4,92	5,75	50,57	30,75	7,19	4,31	0,28	0,86	0,29	
	Контрольные участки	№ 1	Карповые	54,55	0	50,52	24,49	8,33	0	8,33	8,33	0
			Окуневые	22,72	0	60,00	40,00	0	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	18,18	0	0	50,00	25,00	0	0	0	25,00
			Осетровые	4,55	0	0	100	0	0	0	0	0
		№ 2	Карповые	65,00	9,62	76,93	8,46	3,85	0,38	0,38	0	0,38
			Окуневые	24,50	8,16	80,62	7,14	3,06	1,02	0	0	0
			Щуковые и сиговые	4,75	0	52,63	36,83	10,54	0	0	0	0
			Осетровые	5,75	8,7	56,5	21,75	4,35	0	4,35	0	4,35
		№ 3	Карповые	62,69	11,92	73,8	14,28	0	0	0	0	0
			Окуневые	26,86	5,55	72,23	22,22	0	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	4,48	0	66,67	0	33,33	0	0	0	0
			Осетровые	5,97	0	100	0	0	0	0	0	0
		№ 4	Карповые	64,89	6,31	74,75	14,68	2,83	0,95	0,32	0	0,16
			Окуневые	25,59	6,8	73,6	15,2	4,4	0	0	0	0
			Щуковые и сиговые	5,63	0	47,27	36,36	9,09	3,64	1,82	1,82	0
			Осетровые	3,89	5,26	71,06	21,05	2,63	0	0	0	0

Соотношение зарегистрированных групп рыб в акватории русловой ямы и контрольных участков р. Иртыш (май, 2020 г.)

Дата съёмки	Участок реки	Группы рыб	Доля от общего числа рыб, %	Доля размерных групп рыб, %									
				<5 см	5–10 см	10–15 см	15–20 см	20–25 см	25–30 см	30–35 см	>35 см		
27.05.2020	Русловая яма	Карповые	56,97	6,59	74,06	15,61	2,63	0,77	0,24	0,07	0,03		
		Окуневые	29,36	3,64	67,89	21,32	6,07	0,81	0,27	0	0		
		Щуковые и сиговые	8,12	0,49	39,91	41,6	8,75	4,63	1,46	0,73	2,43		
		Осетровые	5,55	2,85	52,3	32,38	6,77	2,13	0,71	1,07	1,79		
	Контрольные участки	№ 1	Карповые	56,58	8,33	79,07	11,62	0,6	0	0	0,38	0	
			Окуневые	31,58	4,86	77,77	15,97	1,4	0	0	0	0	
			Щуковые и сиговые	6,47	0	55,94	40,68	1,69	1,69	0	0	0	
			Осетровые	5,37	8,16	69,4	18,36	4,08	0	0	0	0	
		№ 2	Карповые	58,94	9,54	74,34	12,55	3	0,38	0,19	0	0	
			Окуневые	27,70	1,21	73,68	19,84	4,45	0,41	0,41	0	0	
			Щуковые и сиговые	7,95	1,39	45,83	31,95	12,5	5,56	2,77	0	0	
		№ 3	Осетровые	5,41	2,04	67,35	26,53	2,04	2,04	0	0	0	
			Карповые	52,94	5,55	83,35	5,55	0	5,55	0	0	0	
			Окуневые	35,30	0	66,67	25,00	8,33	0	0	0	0	
		№ 4	Щуковые и сиговые	5,88	0	0	0	0	0	100	0	0	
			Осетровые	5,88	0	0	0	0	100	0	0	0	
			Карповые	38,73	2,53	65,81	17,72	7,61	1,27	2,53	2,53	0	
			Окуневые	36,76	1,33	68	22,67	8	0	0	0	0	
				Щуковые и сиговые	15,20	0	22,58	32,26	29,02	6,46	9,68	0	0
				Осетровые	9,31	0	36,84	31,58	15,79	10,53	0	5,26	0

Менее значительно представлены остальные размерные группы: < 5, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см, их доли составили 8,67; 15,04; 4,59; 0,86; 0,5; 0,22 и 0,21 % соответственно от общей численности данной группы рыб (табл.).

Сопоставимое распределение размерных групп установлено и для группы окуневых рыб: наиболее многочисленны размерные группы 5–10 и 10–15 см, их доли 67,17 и 18,47 % соответственно. Доли остальных размерных групп < 5, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 5,14; 5,37; 1,64; 1,28; 0,8 и 0,12 % соответственно.

Распределение щуковых и сиговых рыб по размерным группам отличалось от карповых и окуневых. Более 2/3 щуковых и сиговых рыб представлено размерными группами 5–10 и 10–15 см, их доли составили 36,63 и 31,14 % соответственно. Доли размерных групп < 5, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 0,71; 8,43; 8,06; 4,39; 2,2 и 8,44 % соответственно.

Осетровые рыбы также более чем на 2/3 представлены размерными группами 5–10 и 10–15 см, их доли составили 44,52 и 26,45 % соответственно. Доли размерных групп < 5, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 6,47; 7,74; 5,16; 2,54; 3,23 и 3,89 % соответственно (см. табл.).

Распределение размерных групп рыб в акваториях контрольных участков отличалось от акватории русловой ямы.

В ходе исследования *контрольного участка № 1 (К1)* было установлено, что доля карповых составила 61,16 %, окуневых – 26,34 %, сиговых и щуковых – 7,14 %, осетровых рыб – 5,36 % (см. табл.).

Среди карповых рыб полностью отсутствовали особи с размерами тела 20–25, 30–35 и > 35 см, а основу данной группы рыб составили особи с размерами тела 5–10 см, значение показателя их доли превышало 3/4 от общей численности карповых рыб на исследуемом участке – 76,65 %. Доли остальных размерных групп – < 5, 10–15, 15–20 и 25–30 см – составили 13,86; 8,03 и по 0,73 у двух последних размерных групп. Среди окуневых рыб на данном участке полностью отсутствовали особи с размерами тела > 25 см. Размерные группы < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 20–25 см распределены следующим образом: 8,47; 71,16; 15,27; 3,4 и 1,7 % соответственно от общего числа окуневых рыб на участке К1. Группа щуковых и сиговых рыб представлена 3-мя размерными группами: 5–10, 10–15 и 25–30 см, их доли составили 43,75; 43,75 и 12,5 % соответственно (см. табл.). Группа осетровых рыб представлена особями с размерами тела < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и > 35 см, их доли составили соответственно 16,68, 50 и по 8,33 % у 4-х последних размерных групп (см. табл.).

Показатель плотности рыб на исследуемом участке составил 391 экз./га.

В акватории *контрольного участка № 2 (К2)* доля карповых составила 55,18 %, окуневых – 29,33 %, сиговых и щуковых – 7,16 %, осетровых – 8,33 % (см. табл.).

Карповые рыбы представлены только 2-мя размерными группами: 5–10 и 10–15 см, их доли составили 90,9 и 9,1 % соответственно. Окуневые рыбы также представлены 2-мя размерными группами, < 5 и 5–10 см, их доли равны 20 и 80 % соответственно. Сиговые и щуковые рыбы представлены особями с размерами тела 5–10 и 10–15 см, их доли составили по 50 % у каждой. Группа осетровых рыб полностью (100 %) представлена размерной группой 5–10 см (см. табл.).

Показатель плотности рыб был также на порядок меньше, чем в акватории русловой ямы – 476 экз./га.

В акватории *контрольного участка № 3 (К3)* также доминировали карповые рыбы, их доля составила 63,36 %. В меньшей степени представлены окуневые – 25,69 %, сиговые и щуковые – 6,38 %, осетровые – 4,57 % от общего числа рыб в акватории исследуемого участка реки (см. табл.). Отмечено отсутствие крупных особей рыб у всех регистрируемых таксономических групп ихтиофауны.

У карповых рыб отсутствовали размерные группы 25–30, 30–35 и > 35 см, доли остальных размерных групп – < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 20–25 см – составили 11,53; 76,93; 9,9; 1,44 и 0,2 % соответственно. Среди окуневых рыб не зарегистрированы размерные группы 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см, доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см составили 6,23; 79,54; 12,89 и 1,34 % соответственно. Сиговые и щуковые рыбы на участке К3 представлены размерными группами 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли составили 46,44; 39,28 и 14,28 % соответственно. Для осетровых рыб отмечено наличие следующих размерных групп: < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 20–25 см, их доли составили 15; 57,5; 20; 2,5 и 5 % соответственно.

Значение плотности рыб на контрольном участке № 3 составило 124 экз./га.

Анализ структуры рыбного населения в акватории *контрольного участка № 4 (К4)* также выявил доминирование карповых рыб, их доля составила 61,95 %. В меньшей степени представлены окуневые – 23,01 %, сиговые и щуковые – 8,85 %, а также осетровые – 6,19 % от общего числа рыб исследуемого участка реки (см. табл.). Отмечено отсутствие крупных особей среди всех таксономических групп рыб.

Среди карповых рыб не отмечены особи с размерами тела 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см, доли рыб размерных групп < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см составили 7,14; 74,29; 11,43 и 7,14 % соответственно. Окуневые рыбы представлены размерными группами 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли – 80,78; 15,39 и 3,83 % соответственно. Щуковые и сиговые рыбы представлены размерными группами 5–10 и 10–15 см, их доли составили 40 и 60 % соответственно. Осетровые представлены размерными группами 5–10, 10–15 и 30–35 см, их доли составили 28,58; 57,15 и 14,27 % (см. табл.).

Значение плотности рыб в акватории участка К4 было наибольшим из всех контрольных участков – 1 577 экз./га.

**Результаты исследования от 10.05.2020.** В результате анализа гидроакустической съемки, выполненной 10 мая, также обнаружено отличие таксономической, размерной структуры рыбного населения русловой ямы и контрольных участков.

В акватории *русловой ямы* ихтиофауна была представлена карповыми – 60,8 %, окуневыми – 27,07 %, сиговыми и щуковыми – 7,21 %, осетровыми рыбами – 4,92 % (см. табл.).

Среди представителей семейства карповых рыб доминировали особи с размерами тела 5–10 см, их доля составила 72,51 %. Размерные группы карповых рыб < 5, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см представлены следующим образом – 7,42; 15,35; 3,61; 0,52; 0,35; 0,12 и 0,12 % соответственно. Среди окуневых рыб не отмечены наиболее крупные особи с размерами тела > 35 см. Размерная структура данного семейства представлена особями с размерами тела < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и 30–35 см, их доли составили 4,81; 66,95; 20,95; 5,9; 0,74; 0,55 и 0,1 % соответственно. Щуковые и сиговые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см, их доли составили 0,59; 33,34; 40,59; 11,96; 7,24; 3,53; 0,98 и 1,77 % соответственно. Размерная структура осетровых рыб представлена схожим образом: доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 5,75; 50,75; 30,75; 7,19; 4,31; 0,28; 0,86 и 0,29 % соответственно (см. табл.).

Показатель плотности рыб на участке русловой ямы составил 5 450 экз./га.

В акватории участка *K1* доля карповых рыб составила 54,55 %, окуневых – 22,72 %, сиговых и щуковых – 18,18 %, осетровых рыб – 4,55 % (см. табл.).

Среди карповых не отмечены размерные группы рыб < 5, 20–25 и > 35 см. Доли размерных групп 5–10, 10–15, 15–20, 25–30 и 30–35 см составили 50,52; 24,49 и по 8,33 % у трех последних размерных групп. Группа окуневых рыб представлена размерными группами 5–10 и 10–15 см, их доли 60 и 40 % соответственно. Сиговые и щуковые рыбы представлены размерными группами 10–15, 15–20 и > 35 см, их доли составили 50, 25 и 25 % соответственно. Осетровые представлены полностью группой рыб с размерами тела 10–15 см (см. табл.).

Значение показателя плотности рыб на контрольном участке № 1 составило 689 экз./га.

Анализ таксономической и размерной структуры рыб в акватории участка *K2* также выявил некоторые отличия от участка русловой ямы. Доля карповых рыб составила 65 %, окуневых – 24,5 %, сиговых и щуковых – 4,75 %, осетровых рыб – 5,75 % (см. табл.).

Среди карповых рыб не отмечены особи с размерами тела 30–35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и > 35 см составили 9,62; 76,93; 8,46; 3,85 и по 0,38 % у трех последних размерных групп соответственно. У группы окуневых рыб не зарегистрированы наиболее крупные особи с размерами тела 25–30, 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 20–25 см составили 8,16; 80,62; 7,14; 3,06 и 1,02 % соответственно. Для щуковых и сиговых рыб отмечено отсутствие наиболее мелких особей (< 5 см) и более крупных рыб с размерами тела 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см. Данные семейства представлены размерными группами 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли составили 52,63; 36,83 и 10,54 % соответственно. У группы осетровых рыб не отмечены особи с размерами тела 20–25 и 30–35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 25–30 и > 35 см составили 8,7; 56,5; 21,75 и по 4,35 % у трех последних размерных групп соответственно (см. табл.).

В акватории участка *K2* 10 мая показатель плотности рыб составил 158 экз./га.

По результатам гидроакустической съемки в акватории участка *K3* установлено, что здесь также доминировали карповые рыбы с показателем доли 62,69 %. В меньшей степени представлены окуневые, сиговые и щуковые, осетровые рыбы с показателями доли от общего числа рыб 25,59; 5,63; 3,89 % соответственно (см. табл.).

Среди карповых рыб не отмечены наиболее крупные особи с размерами тела 15–20, 20–25, 25–30 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10 и 10–15 см составили 11,92; 73,8 и 14,28 % соответственно. Схожую размерную структуру имеет семейство окуневых рыб на исследуемом участке: отмечены размерные группы < 5, 5–10 и 10–15 см, их доли составили 5,55; 72,23 и 22,22 % соответственно. Группа сиговых и щуковых рыб представлена особями рыб с размерами тела 5–10 и 15–20 см, их доли составили 66,67 и 33,34 % соответственно. Осетровые рыбы представлены только размерной группой 5–10 см (100 %).

На исследуемом участке плотность рыб составила 706 экз./га.

В результате анализа данных эхометрического зондирования водной толщи в акватории участка *K4* установлено, что доля карповых рыб составила 64,89 %, окуневых – 25,59 %, сиговых и щуковых – 5,63 %, осетровых – 3,89 % (см. табл.).

Среди карповых рыб не отмечены особи рыб с размерами тела 30–35 см. Размерная структура данного семейства представлена группами рыб с размерами тела < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и > 35 см. Их доли составили 6,31; 74,75; 14,68; 2,83; 0,95; 0,32 и 0,16 % соответственно от общей численности карповых рыб. Среди рыб семейства окуневых не отмечены наиболее крупные особи – 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см составили 6,8; 73,6; 15,2 и 4,4 % соответственно. Среди щуковых и сиговых рыб на исследуемом участке не отмечены группы самых мелких (< 5 см) и самых крупных (> 35 см) рыб. Доли размерных групп 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и 30–35 см составили 47,27; 36,36; 9,09; 3,64; 1,82 и 1,82 % соответственно от общей численности щуковых и сиговых рыб на участке *K4*. Среди представителей осетровых рыб не отмечены наиболее крупные особи с размерами тела 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см составили 5,26; 71,06; 21,05; 2,63 % соответственно (см. табл.).

На участке *K4* показатель плотности рыб имел значение 272 экз./га.

**Результаты исследования от 27.05.2020.** В результате анализа гидроакустической съемки, выполненной 27 мая, также отмечены различия в размерной и таксономической структуре рыбного населения русловой ямы и контрольных участков реки.

В акватории *русловой ямы* доля карповых рыб составила 56,97 %, окуневых – 29,36 %, сиговых и щуковых – 8,12 %, осетровых – 5,55 % (см. табл.).

Карповые представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см, их доли составили 6,59; 74,06; 15,61; 2,63; 0,77; 0,24; 0,07 и 0,03 % соответственно от общего числа карповых рыб исследуемого участка реки. Среди окуневых рыб отмечено отсутствие более крупных особей с размерами тела 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и 25–30 см составили 3,64; 67,89; 21,32; 6,07; 0,81 и 0,27 % соответственно от общего числа окуневых рыб. Доли размерных групп сиговых и щуковых рыб < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 0,49; 39,91; 41,6; 8,75; 4,63; 1,46; 0,73 и 2,43 % соответственно. Доли групп особей осетровых рыб с размерами тела < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см составили 2,85; 52,3; 32,28; 6,77; 2,13; 0,71; 1,07 и 1,79 % соответственно (см. табл.).

В акватории русловой ямы показатель плотности рыб составил 4 981 экз./га.

В акватории *контрольного участка К1* доля карповых составила 56,58 %, окуневых – 31,58 %, сиговых и щуковых – 6,47 %, осетровых – 5,37 % (см. табл.). Карповые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 30–35 см, их доли составили 8,33; 79,07; 11,62; 0,6 и 0,38 % соответственно. Отсутствовали особи с размерами тела 20–25, 25–30 и > 35 см. Окуневые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли составили 4,86; 77,77; 15,97 и 1,4 % соответственно. Не зарегистрированы размерные группы 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см. Основные размерные группы щуковых и сиговых рыб на исследуемом участке реки – это особи с размерами тела 5–10 и 10–15 см, их доли составили 55,94 и 40,68 % соответственно. Значение доли у размерных групп 15–20 и 20–25 см составило по 1,69 %. Размерные группы < 5, 25–30, 30–35 и > 35 см не отмечены. Для осетровых рыб не зарегистрированы более крупные особи с размерами тела 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см составили 8,16; 69,4; 18,36 и 4,08 % соответственно (см. табл.).

На контрольном участке К1 плотность рыб составила 926 экз./га.

Из анализа данных гидроакустической съемки в акватории *участка К2* следует, что здесь также доминировали карповые – 58,94 %, в меньшей степени представлены окуневые – 27,7 %, сиговые и щуковые – 7,95 %, осетровые – 5,41 % (см. табл.).

Среди карповых рыб полностью отсутствовали особи с размерами тела 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и 25–30 см составили 9,54; 74,34; 12,55; 3,00; 0,38 и 0,19 % соответственно от общей численности карповых рыб на исследуемом участке реки. Для окуневых рыб отмечена такая же закономерность – не зарегистрированы наиболее крупные особи с размерами тела 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и 25–30 см составили 1,21; 73,68; 19,84; 4,45; 0,41 и 0,41 % соответственно от общего числа окуневых рыб на участке К2. У сиговых и щуковых рыб также не отмечены наиболее крупные особи – 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и 25–30 см составили 1,39; 45,83; 31,95; 12,5; 5,56 и 2,77 % соответственно. Осетровые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15, 15–20 и 20–25 см, их доли составили 2,04; 67,35; 26,53; 2,04 и 2,04 % соответственно. Полностью отсутствовали особи с размерами тела 25–30, 30–35 и > 35 см (см. табл.).

Значение плотности рыб на контрольном участке № 2 было минимальным из всех контрольных участков за весь период наблюдений – 102 экз./га.

В акватории *участка К3* ихтиофауна представлена следующим образом: карповые – 52,94 %, окуневые – 35,3 %, сиговые и щуковые, а также группа осетровых рыб – по 5,88 % соответственно (см. табл.).

Карповые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15 и 20–25 см. Их доли составили: 83,55 % для группы 5–10 см и по 5,55 % у остальных размерных групп. Окуневые рыбы представлены размерными группами 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли составили 66,67; 25,00 и 8,33 % соответственно. Щуковые и сиговые рыбы представлены только размерной группой 25–30 см. Осетровые рыбы также представлены одной размерной группой – 20–25 см (см. табл.).

Значение плотности рыб на контрольном участке № 3 27 мая составило 166 экз./га.



По результатам анализа дистанционного эхометрического зондирования водной толщи в акватории контрольного участка *K4* установлено доминирование карповых и окуневых рыб, их доли составили 38,73 и 36,76 % соответственно. В меньшей степени, но более значительно, чем на других контрольных участках, представлены сиговые и щуковые, их доля составила 15,2 %. Наименьшая доля у группы осетровых рыб, она составила 9,31 % (см. табл.). Среди карповых рыб отсутствовали наибольшие особи с размерами тела > 35 см. Доли размерных групп < 5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и 30–35 см составили 2,53; 65,81; 17,72; 7,61; 1,27; 2,53 и 2,53 % соответственно от общего числа карповых рыб на исследуемом участке реки. Окуневые рыбы представлены размерными группами < 5, 5–10, 10–15 и 15–20 см, их доли составили 1,33; 68,00; 22,67 и 8,00 % соответственно от общего числа окуневых рыб на участке *K4*. Наиболее крупные особи с размерами тела 20–25, 25–30, 30–35 и > 35 см отсутствовали. Среди щуковых и сиговых рыб не отмечены наиболее мелкие и более крупные особи: < 5, 30–35 и > 35 см. Доли размерных групп 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 см составили 22,58; 32,26; 29,02; 6,46 и 9,68 % соответственно. Осетровые рыбы представлены размерными группами 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 и 30–35 см, их доли составили 36,84; 31,58; 15,79; 10,53 и 5,26 % соответственно от общей численности данных рыб (см. табл.).

Значение плотности рыб в акватории участка *K4* 27 мая было наиболее близким к данному показателю в акватории русловой ямы, а его значение составило 4 423 экз./га.

В результате выполненного однофакторного дисперсионного анализа по среднему показателю плотности рыб в акваториях контрольных участков реки и участка русловой ямы установлено наличие достоверного эффекта различия ( $F = 4,949$ ,  $p = 0,018$ ). Дальнейший сравнительный анализ на основе критерия Тьюки по показателю плотности рыб продемонстрировал статистически достоверное отличие участка русловой ямы от трех контрольных участков реки: *K1* ( $p = 0,012$ ), *K2* и *K3* ( $p = 0,006$  и  $p = 0,007$ ); при анализе с участком *K4* статистически достоверного отличия не отмечено ( $p = 0,129$ ). При этом средний показатель плотности рыбного населения за исследуемый период в акватории русловой ямы составил 4 524 экз./га, а в акваториях контрольных участков (*K1–K4*) 669, 245, 332 и 2 091 экз./га соответственно (рис. 3).

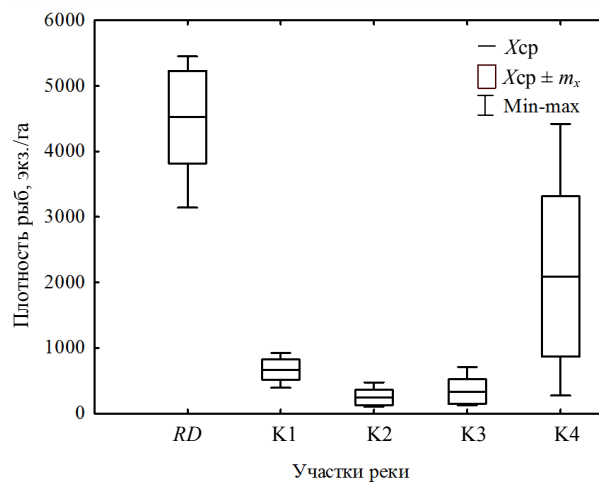


Рис. 3. Средний показатель плотности рыб в акваториях исследуемых участков р. Иртыш (май 2020 г.): *RD* – русловая яма; *K1–K4* – контрольные участки № 1–4 соответственно

На основе показателя плотности рыб, таксономической и размерной структуры рыбного населения исследуемых участков реки выполнен кластерный анализ, в результате которого также установлено, что участок русловой ямы выделяется в отдельный кластер и при этом имеет объединение с контрольным участком *K4* (рис. 4).

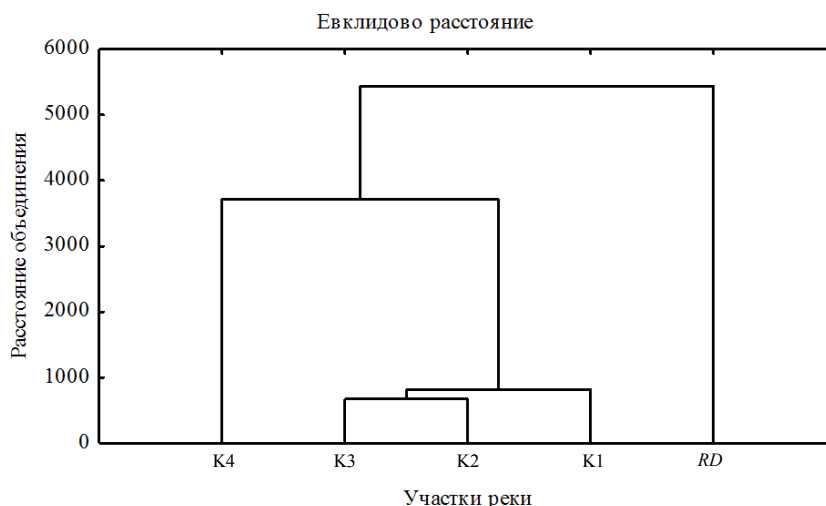


Рис. 4. Дендрограмма взаимосвязи участков реки на основе показателей плотности рыб, размерной и таксономической структуры ихтиофауны: RD – русловая яма; K1–K4 – контрольные участки № 1–4

По всей видимости, объединение в один кластер русловой ямы и участка K4 свидетельствует о схожести структуры и численности рыбного населения в их акваториях, при этом подтверждается ее отличие от контрольных участков K1–K3.

Таким образом при определении границ охранной зоны русловой ямы следует дополнить их контрольным участком K4.

#### Обсуждение результатов

На критических этапах жизни, таких как размножение и зимовка, многие виды рыб демонстрируют ограниченное движение [11, 21, 22]. Это говорит о существовании «временно ограниченного биотопа», обусловленного поведением или средой обитания, когда в результате ограниченного или малоподвижного образа жизни особи рыб могут быть более восприимчивыми к негативным действиям различных факторов [11]. Одними из таких мест для рыбного населения Нижнего Иртыша являются места зимовки – зимовальные русловые ямы, расположенные в русле реки [23]. Исследуемый речной участок Нижнего Иртыша, в акватории которого формируется русловая яма, можно отнести к омегавидной излучине (меандре), при этом следует отметить [24], что развитие свободно меандрирующих русел в первую очередь определяется геолого-геоморфологическим строением почв и донных отложений. В свою очередь, равнинные участки Западной Сибири сложены рыхлыми легкоразмываемыми породами (отложениями), а р. Иртыш имеет меандры (излучины), достигающие высокой степени развитости.

В акваториях русловых ям запрещен любой вид рыболовства, за исключением контрольного лова рыбы в научно-исследовательских целях.

Зимовальные русловые ямы также расположены в притоках Нижней Оби [21], в зимний период максимальная доля карповых рыб в акваториях ям может достигать 96 %, а сиговых – 16,3 %. Причем показано [21], что среди карповых рыб доминирует плотва, а среди сиговых – пелядь (*Coregonus peled* Gmelin). Также места концентрации крупнейшей пресноводной рыбы Северной Америки – озерного осетра (*Acipenser fulvescens* Rafinesque) – в зимний период обнаружены в реке Южный Саскачеван (Канада) [11], установлено, что особи данного вида демонстрировали в это время высокую агрегацию и малоподвижный образ жизни (до 0,2 км/день). Обнаружена [11] приуроченность рыб в исследуемый период к «временно ограниченному биотопу», с наибольшими глубинами и замедленной скоростью течения, а освоение наблюдается только на акватории < 0,1 % от общей доступной площади. Перемещения осетра увеличиваются в период отсутствия ледового покрытия, а снижаются в период его наличия [11]. С помощью дистанционного эхометрического зондирования ранее не изученных мест зимовки производят оценку численности другого представителя осетровых рыб в Северной Америке – малого осетра (*Acipenser brevirostrum* Lesueur) в период формирования его скоплений [12].

Следует отметить, что в зимний период при ухудшении гидрохимического режима в акваториях зимовальных ям может происходить перегруппировка рыбы – уход из «заморных» зон, изменение численности и таксономического состава [21]. Однако русловые ямы Нижнего Иртыша играют полифункциональную роль [25], являясь местом круглогодичной концентрации рыб, в том числе и молоди, что, в свою очередь, позволяет их обнаруживать и вести учет гидроакустическим методом. В акватории исследуемого участка русловой ямы вследствие особенностей морфологии русла наблюдаются вертикальные вихревые структуры, в зоне которых отмечаются скопления рыб как мирных, так и хищных видов [26]. Наличие турбулентности потока на данном участке реки формирует гетерогенность среды, вследствие чего скопления рыб отмечаются в акватории русловых ям и в период открытой воды [14, 25]. Данная закономерность обнаруживается при анализе плотностей рыб в акватории русловой ямы и контрольных участков: на участке русловой ямы статистически достоверно более высокие плотности рыб в отличие от контрольных акваторий. Турбулентность и мутность водной среды русловой ямы, вызываемые особенностью гидравлики русла исследуемого участка реки, могут использоваться мирными видами рыб как укрытие от хищных [27, 28], в результате чего карповые виды рыб могут концентрироваться на данных участках.

Русловые ямы в зимний период являются местом скоплений и осетровых видов рыб: стерляди и сибирского осетра, поскольку показано [11, 29, 30], что представители данного семейства предпочитают глубоководные придонные участки водоемов с замедленными скоростями течения в осенне-зимний период. Данная особенность может быть адаптивной поведенческой реакцией рыб на сложные сезонные условия водной среды [11]. Показано [11, 22, 31, 32], что глубина, скорость придонных течений являются важными предикторами выбора среды обитания в зимний период для рыб, в том числе и представителей семейства *Acipenseridae*, поскольку глубоководная среда обитания обеспечивает убежище для этих рыб, а низкоскоростные участки обеспечивают сохранение энергии в состоянии покоя.

Таким образом, «временно ограниченные биотопы» – зимовальные русловые ямы, не имеющие официального охранного статуса, – представляют собой участки реки, в акватории которых некоторые виды рыб, в том числе редкие и ценные, при практически полном отсутствии движения в течение длительного периода времени подвержены потенциальным угрозам, в том числе и незаконному (браконьерскому) вылову.

### Заключение

В нашем исследовании показан локалитет новой русловой зимовальной ямы, которую необходимо включить в перечень речных участков, охраняемых Правилами рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна, с целью сохранения водных биологических ресурсов, в том числе и сибирского осетра. Минимальные границы охранной зоны необходимо обозначить участком русловой ямы и контрольным участком № 4. Обнаружение новых локалитетов зимовальных ям, их инвентаризация с целью их дальнейшей охраны являются важными элементами эффективной стратегии сохранения, восстановления и рационального использования водных биологических ресурсов р. Иртыш и в целом всего Обь-Иртышского бассейна.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yamazaki S., Hoshino E., Resosudarmo B. P. No-take marine reserves and illegal fishing under imperfect enforcement // *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2015. N. 59 (3). P. 334–354.
2. Nyqvist D., Greenberg L. A., Goerig E., Calles O., Bergman E., Ardren W. R., Castro-Santos T. Migratory delay leads to reduced passage success of Atlantic salmon smolts at a hydroelectric dam // *Ecology of Freshwater Fish*. 2017. N. 26. P. 707–718.
3. Aghilinejad S. M., Gorgin S., van Uhm D., Ghorbani R., Paighambari S. Y., Mohammadi J., Jalali A. What are the drivers of the occurrence of illegal fishing and conservation barriers of sturgeons in the Caspian Sea? // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2018. N. 28. P. 690–701.
4. Havn T. B., Thorstad E. B., Borcharding J., Heermann L., Teichert M. A. K., Ingendahl D., Tambets M., Sæther S. A., Økland F. Impacts of a weir and power station on downstream migrating Atlantic salmon smolts in a German river // *River Research and Applications*. 2020. N. 36. P. 784–796.
5. Trancart T., Carpentier A., Acoü A., Danet V., Elliott S., Feunteun É. Behaviour of endangered European eels in proximity to a dam during downstream migration: Novel insights using high accuracy 3D acoustic telemetry // *Ecology of Freshwater Fish*. 2020. N. 29. P. 266–279.

6. Davis T. R., Harasti D. Predictive modelling of illegal fishing in no-take marine protected areas // Fisheries Management and Ecology. 2020. N. 27 (3). P. 292–301.
7. Rašković B., Poleksić V., Višnjić-Jeftić Ž., Skorić S., Gačić Z., Djikanović V., Jarić I., Lenhardt M. Use of histopathology and elemental accumulation in different organs of two benthophagous fish species as indicators of river pollution // Environmental Toxicology. 2015. N. 30 (10). P. 1153–1161.
8. Donald D. B., Wissel B., Anas M. M. Species-specific mercury bioaccumulation in a diverse fish community // Environmental Toxicology and Chemistry. 2015. N. 34 (12). P. 2846–2855.
9. Lobus N. V., Komov V. T. Mercury in the muscle tissue of fish in the Central and South Vietnam // Inland Water Biology. 2016. N. 9 (3). P. 319–328.
10. Чемагин А. А., Волосников Г. И., Кыров Д. Н., Либерман Е. Л. Тяжелые металлы Hg, Cd, и Pb в организме стерляди (*Acipenser ruthenus* L.), Нижний Иртыш // Вестн. Мурм. гос. техн. ун-та. 2019. № 22 (1). С. 225–233.
11. Thayer D., Ruppert J. L. W., Watkinson D., Clayton T., Poesch M. S. Identifying temporal bottlenecks for the conservation of large-bodied fishes: Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*) show highly restricted movement and habitat use over-winter // Global Ecology and Conservation. 2017. N. 10. P. 194–205.
12. Andrews S. N., O'Sullivan A. M., Helminen J., Arluison D. F., Samways K. M., Linnansaari T., Curry R. A. Development of Active Numerating Side-scan for a High-Density Overwintering Location for Endemic Shortnose Sturgeon (*Acipenser brevirostrum*) in the Saint John River, New Brunswick // Diversity. 2020. N. 12 (1). P. 23.
13. Katopodis C. (Chris). Ecohydraulic approaches in aquatic ecosystems: Integration of ecological and hydraulic aspects of fish habitat connectivity and Suitability // Ecological Engineering. 2012. N. 48. P. 1–7.
14. Borisenko E. S., Mochev A. D., Pavlov D. S., Chemagin A. A. Distribution of fish in the river system of the lower Irtysh // Journal of Ichthyology. 2013. N. 53 (1). P. 16–27.
15. Kluender E. R., Adams R., Lewis L. Seasonal habitat use of alligator gar in a river-floodplain ecosystem at multiple spatial scales // Ecology of Freshwater Fish. 2017. N. 26. P. 233–246.
16. Chemagin A. A. Effects of temperature and water levels on dynamics of density and structure of the fish population of the channel-floodplain complex of a large river in the period of spring floods // Biosystems Diversity. 2019. N. 27 (3). P. 291–299.
17. Павлов Д. С., Мочек А. Д. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 596 с.
18. Юданов К. И., Калихман И. Л., Теслер В. Д. Руководство по проведению гидроакустических съемок. М.: Изд-во ВНИРО, 1984. 1124 с.
19. Borisenko E. S., Mochev A. D., Pavlov D. S., Degtev A. I. Hydroacoustic characteristics of mass fishes of the Ob-Irtysh basin // Journal of ichthyology. 2006. N. 46 (2). P. 227–234.
20. Zimmerman D., Pavlik C., Ruggles A., Armstrong M. P. An experimental comparison of ordinary and universal kriging and inverse distance weighting // Mathematical Geology. 1999. N. 31 (4). P. 375–390.
21. Богданов В. Д., Мельниченко И. П. Роль зимовальных ям р. Ляпин для сиговых рыб // Аграр. вестн. Урала. 2011. № 7 (86). С. 48–49.
22. Westrelin S., Roy R., Tissot-Rey L., Bergès L., Argillier C. Habitat use and preference of adult perch (*Perca fluviatilis* L.) in a deep reservoir: variations with seasons, water levels and individuals // Hydrobiologia. 2017. N. 809 (1). P. 121–139.
23. Mochev A. D., Borisenko E. S., Pavlov D. S. Winter Fish Distribution in the Riverbed Depression in the Irtysh River // Journal of Ichthyology. 2019. N. 59 (3). P. 352–357.
24. Чалов П. С., Завадский А. С., Панин А. В. Речные излуины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
25. Pavlov D. S., Mochev A. D., Borisenko E. S., Degtev A. I., Shakirov R. R., Degtev E. A. Biological significance of the Gornoslinskaya riverbed depression in the Irtysh // Journal of Ichthyology. 2006. N. 46 (2). P. S125–S133.
26. Chemagin A. A. The effect of vortex structures in the river bed on the concentration and size differentiation of the fish population // Biosystems Diversity. 2018. N. 26 (2). P. 139–144.
27. Ajemian M. J., Sohel S., Mattila J. Effects of turbidity and habitat complexity on antipredator behavior of three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) // Environmental Biology of Fishes. 2014. N. 98 (1). P. 45–55.
28. Sohel S., Mattila J., Lindström K. Effects of turbidity on prey choice of three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* // Marine Ecology Progress Series. 2017. N. 566. P. 159–167.
29. Rusak J. A., Mosindy T. Seasonal movements of Lake Sturgeon in lake of the woods and the rainy river // Canadian Journal of Zoology. 1997. N. 75 (3). P. 383–395.
30. Kynard B., Parker E., Parker T. Behavior of early life intervals of Klamath River green sturgeon, *Acipenser medirostris*, with a note on body color // Environmental Biology of Fishes. 2005. N. 72 (1). P. 85–97.
31. Brown R. S., Hubert W. A., Daly S. F. A Primer on winter, ice, and fish: what fisheries biologists should know about winter ice processes and stream-dwelling fish // Fisheries. 2011. N. 36 (1). P. 8–26.

32. Kaus A., Büttner O., Karthe D., Schäffer M., Borchardt D. Migration and movement profiles of a potadromous fish (*Brachymystax lenok* Pallas 1773) in a highly connected river system (Mongolia) // *Ecology of Freshwater Fish*. 2017. N. 27 (3). P. 752–766.

Статья поступила в редакцию 14.08.2020

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Чемагин Андрей Александрович** – Россия, 626152, Тобольск; Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук; канд. биол. наук; старший научный сотрудник группы экологии гидробионтов; ChemaginAA@yandex.ru.



## **LOCALITY OF FORMING WINTERING RIVERBED DEPRESSION IN IRTYSH RIVER**

*A. A. Chemagin*

*Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Tyumen Region, Tobolsk, Russian Federation*

**Abstract.** The article describes a new locality of the formed wintering riverbed depression discovered in the erosion zone of the isthmus of conjugate meanders of the Irtysh river for the rational use and effective protection of aquatic biological resources in places of their concentration in the Irtysh river basin (Western Siberia, the Russian Federation). The morphology of the riverbed depression was mapped (relief and bathymetric maps). The maximum depths in the channel depression exceeded 27 m. The channel depression and 4 control river sections were studied. The analysis of hydroacoustic surveys showed that in the wintering riverbed depression there is, according to the statistical data, higher fish density compared to the control areas: in the water area of the riverbed depression the average fish density made 4 524 species/ha, in the control sections 245-2091 sp./ha. The cluster analysis based on the fish density and the size-taxonomic composition of the ichthyofauna has revealed that the riverbed depression is being separated into a cluster, but at the same time goes to the control section No. 4, which is located downstream, where further erosion of the river channel is registered. In this regard, the minimum protection zone of the wintering channel depression should include the water area of the channel depression and the water area of control section No. 4. In the water areas of the riverbed depression and control sections in the spring period, cyprinids dominate - up to 65% of the total number of fish, percids are represented to a lesser extent - 36.76%, coregonids and pikes - up to 18.18, sturgeons - up to 9.31%. The given locality of the wintering riverbed depression must be included in the list of protected river sections of the Fishing Rules for the West Siberian fishery basin for developing the effective strategy for the protection, restoration and rational use of aquatic biological resources, including rare and endangered fish species of the Irtysh River and the whole Ob-Irtysh basin.

**Key words:** riverbed depression, water area, temporarily limited biotope, fish aggregations, Acipenseridae, Cyprinidae, Perca, pikes, Coregonids.

**For citation:** Chemagin A. A. Locality of forming wintering riverbed depression in Irtysh river. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2020;4:7-21. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-4-7-21.

### *REFERENCES*

1. Yamazaki S., Hoshino E., Resosudarmo B. P. No-take marine reserves and illegal fishing under imperfect enforcement. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2015, no. 59 (3), pp. 334-354.

2. Nyqvist D., Greenberg L. A., Goerig E., Calles O., Bergman E., Ardren W. R., Castro-Santos T. Migratory delay leads to reduced passage success of Atlantic salmon smolts at a hydroelectric dam. *Ecology of Freshwater Fish*, 2017, no. 26, pp. 707-718.
3. Aghilinejad S. M., Gorgin S., van Uhm D., Ghorbani R., Paighambari S. Y., Mohammadi J., Jalali A. What are the drivers of the occurrence of illegal fishing and conservation barriers of sturgeons in the Caspian Sea? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2018, no. 28, pp. 690-701.
4. Havn T. B., Thorstad E. B., Borcherding J., Heermann L., Teichert M. A. K., Ingendahl D., Tambets M., Sæther S. A., Økland F. Impacts of a weir and power station on downstream migrating Atlantic salmon smolts in a German river. *River Research and Applications*, 2020, no. 36, pp. 784-796.
5. Trancart T., Carpentier A., Acou A., Danet V., Elliott S., Feunteun É. Behaviour of endangered European eels in proximity to a dam during downstream migration: Novel insights using high accuracy 3D acoustic telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, 2020, no. 29, pp. 266-279.
6. Davis T. R., Harasti D. Predictive modelling of illegal fishing in no-take marine protected areas. *Fisheries Management and Ecology*, 2020, no. 27 (3), pp. 292-301.
7. Rašković B., Poleksić V., Višnjić-Jeftić Ž., Skorić S., Gačić Z., Djikanović V., Jarić I., Lenhardt M. Use of histopathology and elemental accumulation in different organs of two benthophagous fish species as indicators of river pollution. *Environmental Toxicology*, 2015, no. 30 (10), pp. 1153-1161.
8. Donald D. B., Wissel B., Anas M. M. Species-specific mercury bioaccumulation in a diverse fish community. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2015, no. 34 (12), pp. 2846-2855.
9. Lobus N. V., Komov V. T. Mercury in the muscle tissue of fish in the Central and South Vietnam. *Inland Water Biology*, 2016, no. 9 (3), pp. 319-328.
10. Chemagin A. A., Volosnikov G. I., Kyrov D. N., Liberman E. L. Tiazhelye metally Hg, Cd, i Pb v organizme sterliadi (Acipenser ruthenus L.), Nizhnii Irtysh [Heavy metals Hg, Cd, and Pb in organism of sterlet (Acipenser ruthenus L.), Nizhny Irtysh]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2019, no. 22 (1), pp. 225-233.
11. Thayer D., Ruppert J. L. W., Watkinson D., Clayton T., Poesch M. S. Identifying temporal bottlenecks for the conservation of large-bodied fishes: Lake Sturgeon (Acipenser fulvescens) show highly restricted movement and habitat use over-winter. *Global Ecology and Conservation*, 2017, no. 10, pp. 194-205.
12. Andrews S. N., O'Sullivan A. M., Helminen J., Arluison D. F., Samways K. M., Linnansaari T., Curry R. A. Development of Active Numerating Side-scan for a High-Density Overwintering Location for Endemic Shortnose Sturgeon (Acipenser brevirostrum) in the Saint John River, New Brunswick. *Diversity*, 2020, no. 12 (1), p. 23.
13. Katopodis C. (Chris). Ecohydraulic approaches in aquatic ecosystems: Integration of ecological and hydraulic aspects of fish habitat connectivity and Suitability. *Ecological Engineering*, 2012, no. 48, pp. 1-7.
14. Borisenko E. S., Mochev A. D., Pavlov D. S., Chemagin A. A. Distribution of fish in the river system of the lower Irtysh. *Journal of Ichthyology*, 2013, no. 53 (1), pp. 16-27.
15. Kluender E. R., Adams R., Lewis L. Seasonal habitat use of alligator gar in a river-floodplain ecosystem at multiple spatial scales. *Ecology of Freshwater Fish*, 2017, no. 26, pp. 233-246.
16. Chemagin A. A. Effects of temperature and water levels on dynamics of density and structure of the fish population of the channel-floodplain complex of a large river in the period of spring floods. *Biosystems Diversity*, 2019, no. 27 (3), pp. 291-299.
17. Pavlov D. S., Mochev A. D. *Ekologiya ryb Ob'-Irtyshskogo basseina* [Ecology of fish of Ob-Irtysh basin]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2006. 596 p.
18. Iudanov K. I., Kalikhman I. L., Tesler V. D. *Rukovodstvo po provedeniiu gidroakusticheskikh s"emok* [Hydroacoustic survey manual]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1984. 1124 p.
19. Borisenko E. S., Mochev A. D., Pavlov D. S., Degtev A. I. Hydroacoustic characteristics of mass fishes of the Ob-Irtysh basin. *Journal of ichthyology*, 2006, no. 46 (2), pp. 227-234.
20. Zimmerman D., Pavlik C., Ruggles A., Armstrong M. P. An experimental comparison of ordinary and universal kriging and inverse distance weighting. *Mathematical Geology*, 1999, no. 31 (4), pp. 375-390.
21. Bogdanov V. D., Mel'nichenko I. P. Rol' zimoval'nykh iam r. Liapin dlia sigovykh ryb [Role of wintering riverbed depressions for Coregonidae in Lyapin River]. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2011, no. 7 (86), pp. 48-49.
22. Westrelin S., Roy R., Tissot-Rey L., Bergès L., Argillier C. Habitat use and preference of adult perch (Perca fluviatilis L.) in a deep reservoir: variations with seasons, water levels and individuals. *Hydrobiologia*, 2017, no. 809 (1), pp. 121-139.
23. Mochev A. D., Borisenko E. S., Pavlov D. S. Winter Fish Distribution in the Riverbed Depression in the Irtysh River. *Journal of Ichthyology*, 2019, no. 59 (3), pp. 352-357.
24. Chalov R. S., Zavadskii A. S., Panin A. V. *Rechnye izluchiny* [River bends]. Moscow, Izd-vo MGU, 2004. 371 p.
25. Pavlov D. S., Mochev A. D., Borisenko E. S., Degtev A. I., Shakirov R. R., Degtev E. A. Biological significance of the Gornoslinkinskaya riverbed depression in the Irtysh. *Journal of Ichthyology*, 2006, no. 46 (2), pp. S125-S133.

26. Chemagin A. A. The effect of vortex structures in the river bed on the concentration and size differentiation of the fish population. *Biosystems Diversity*, 2018, no. 26 (2), pp. 139-144.
27. Ajemian M. J., Sohel S., Mattila J. Effects of turbidity and habitat complexity on antipredator behavior of three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Environmental Biology of Fishes*, 2014, no. 98 (1), pp. 45-55.
28. Sohel S., Mattila J., Lindström K. Effects of turbidity on prey choice of three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *Marine Ecology Progress Series*, 2017, no. 566, pp. 159-167.
29. Rusak J. A., Mosindy T. Seasonal movements of Lake Sturgeon in lake of the woods and the rainy river. *Canadian Journal of Zoology*, 1997, no. 75 (3), pp. 383-395.
30. Kynard B., Parker E., Parker T. Behavior of early life intervals of Klamath River green sturgeon, *Acipenser medirostris*, with a note on body color. *Environmental Biology of Fishes*, 2005, no. 72 (1), pp. 85-97.
31. Brown R. S., Hubert W. A., Daly S. F. A Primer on winter, ice, and fish: what fisheries biologists should know about winter ice processes and stream-dwelling fish. *Fisheries*, 2011, no. 36 (1), pp. 8-26.
32. Kaus A., Büttner O., Karthe D., Schäffer M., Borchardt D. Migration and movement profiles of a potadromous fish (*Brachymystax lenok* Pallas 1773) in a highly connected river system (Mongolia). *Ecology of Freshwater Fish*, 2017, no. 27 (3), pp. 752-766.

The article submitted to the editors 14.08.2020

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Chemagin Andrey Aleksandrovich** – Russia, 626152, Tobolsk; Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Candidate of Biology; Senior Researcher of the Group of Ecology of Aquatic Organisms; ChemaginAA@yandex.ru.

