

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В РАЙОНЕ ГОРНОСЛИНКИНСКОЙ ЗИМОВАЛЬНОЙ РУСЛОВОЙ ЯМЫ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Чемагин А.А.¹

¹ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» УрО РАН, Тобольск, e-mail: vodnie-ekosystemi.lab@yandex.ru

Проведен химический анализ донных отложений, отобранных в районе одной из крупных зимовальных русловых ям Нижнего Иртыша в Уватском районе Тюменской области. Химический анализ выполняли атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой. Определяли концентрации различных химических элементов, в том числе и тяжелых металлов (Mg, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, K, Fe, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Al, As, Sb, Si, Se, Zn, Sr). Для определения превышения концентраций элементов использовали усредненные данные по кларкам элементов для земной коры, а также расчетные и экспериментальные данные предельно допустимых концентраций для различных пресноводных объектов. Отбор проб донных отложений выполняли выше и ниже по течению от ямы, грунты отбирали у берегов и на стрежне реки обычным и утяжеленным дночерпателем Петерсена. В результате выполненной работы установлено различие распределения макро- и микроэлементов в донных отложениях по створам, временам года, побережью и стрежню. В донных отложениях исследуемого участка р. Иртыш присутствуют тяжелые металлы (Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, As, Sb, Se, Zn), но их концентрации не превышают средних кларковых и фоновых значений, за исключением Pb, Sb, Se и As.

Ключевые слова: тяжелые металлы, донные отложения, кларк, Иртыш, зимовальная яма.

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN THE BOTTOM SEDIMENTS NEAR GORNOSLINKINSKAYA'S RIVERBED DEPRESSIONS AT SUMMER AND AUTUMN PERIOD

Chemagin A.A.¹

¹Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS, Tobolsk, e-mail: vodnie-ekosystemi.lab@yandex.ru

Completed chemical analysis of bottom sediments sampled in the area of one of the major riverbed depressions of Lower Irtysh in the Uvat district of the Tyumen region. The chemical analysis was made by atomic emission with inductively coupled plasma. Were measured concentrations of various chemical elements, including and heavy metals (Mg, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, K, Fe, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Al, As, Sb, Si, Se, Zn, Sr). To determine the excess of element concentrations using average data Clark elements for the Earth's crust, as well as the calculated and experimental data for maximum permissible concentrations for different freshwater bodies. Sampling of bottom sediments samples was performed upstream and downstream of the riverbed depressions. Soils were collected near the shores and at the midstream of the river by ordinary and weighted bottom grab Petersen's. As a result of the work performed is established that different distribution of macro and trace elements in bottom sediment at the sampling sites, seasons, coastal and midstream. The bottom sediments of the investigated area p. Irtysh contain heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, As, Sb, Se, Zn), but their concentrations do not exceed the average background values and Clark except Pb, Sb, Se and As.

Keywords: heavy metals, bottom sediments, Clarke, Irtysh river, riverbed depressions.

Зимовальные, или так называемые русловые ямы Нижнего Иртыша – места концентрации речных рыб, в том числе осетровых и сиговых. Горнослинкинская (533-536 км от устья) и Кондинская (90-91 км от устья) зимовальные ямы наибольшие по площади и глубине на участке Нижнего Иртыша.

Горнослинкинская русловая яма расположена в Уватском районе, на участке Иртыша, где происходит его резкий поворот налево.

Кондинская русловая яма расположена в Ханты-Мансийском районе на устьевом участке р. Конда. В акватории русловых ям постоянно наблюдаются суводи и воронки, глубина которых может достигать более 20 м.

Согласно Правилам рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна в пределах Тюменской области (включая ХМАО) на реке Иртыш 20 зимовальных ям. Здесь запрещен любой вид рыболовства круглогодично.

Первоначально считалось, что на таких участках рыбы концентрируются только в зимний период, когда снижена их активность, они полностью перестают питаться или значительно снижают потребление пищи, а биологическая роль русловых ям сводится как к зимовальному участку реки. Однако в настоящее время с помощью современных гидроакустических комплексов было установлено, что здесь рыбы различных возрастных групп концентрируются круглогодично. Например, в весенний период на Кондинской зимовальной яме формируются значительные концентрации рыб, а их численность в многодневной динамике не остается постоянной. При подъеме температуры воды в р. Конда более 4 °С значительно возрастает и миграционная активность рыб как вверх, так и вниз по течению в системе «русловая яма – приток главной реки», но существенная часть рыб остается в р. Конда [1].

В акваторию Горнослинкинской ямы в летний период при падении уровня воды с пойменных водоемов происходит интенсивный скат молоди рыб, преимущественно карповых, которые в основном концентрируются вдоль берегов, где замедлено течение. Здесь молодью активно питаются хищники: судак, нельма, щука, окунь, ерш [10].

Одной из главных причин концентрации рыб на таких русловых участках реки считается «гидродинамическая тень», возникающая из-за резких перепадов рельефа дна реки и соответственно неравномерных течений [2]. Здесь отдельные особи рыб и их концентрации в наименьшей мере подвержены действию течения, что позволяет им при минимальных затратах энергии постоянно находиться на занимаемых пространственных участках русла реки.

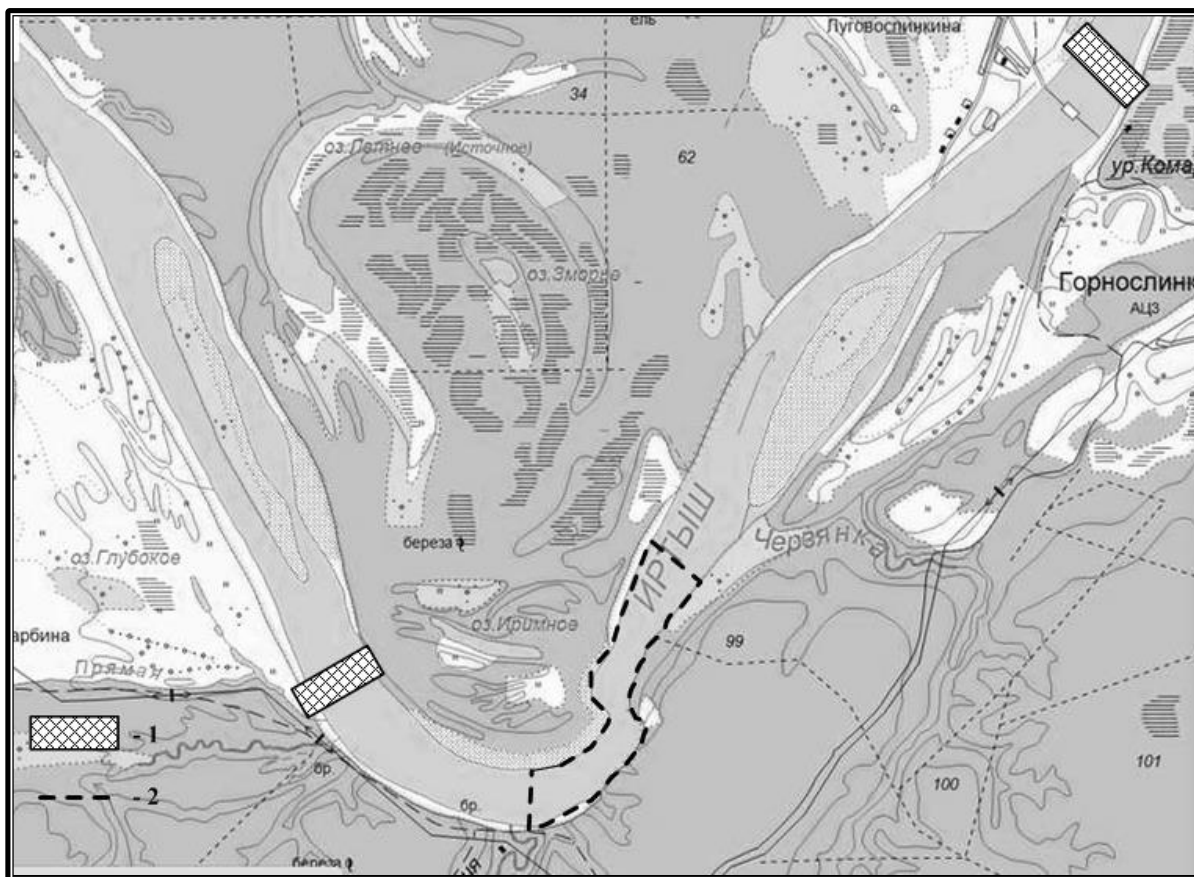
Таким образом, русловые ямы по своей сути для рыб являются не только зимовальными участками, но еще и выростными для молоди, нагульными для хищных видов рыб, участками выдерживания производителей рыб. Все это подтверждает полифункциональную биологическую роль ям, а высокая плотность и существенная численность рыб на таких участках круглый год обуславливает высокую удельную ценность рассматриваемых участков реки Иртыш.

Русловые ямы имеют ключевое значение в сохранении и воспроизводстве водных биологических ресурсов, в первую очередь осетровых рыб – сибирского осетра и стерляди,

охрану которых необходимо усилить, особенно в период нерестового хода и зимовки.

Тем самым значительно возрастает актуальность исследовательской работы по изучению и оценке состояния таких участков рек.

Материал и методика. Исследования реки Иртыш в нижнем течении проводились в период открытой воды 2013 г. в Уватском районе Тюменской области (рисунок).



Карта-схема района исследований (масштаб 1:50000)

1 - станции отбора проб донных отложений; 2 - границы Горнослинкинской зимовальной русловой ямы.

На этом участке р. Иртыш имеет ширину русла более 500 м, среднюю глубину 7-10 м. Горнослинкинская русловая яма расположена в координатах: N 58° 44'; E 68° 41'. Акватория этого уникального водного объекта в период паводка превышает 100 га, а глубина достигает 50 м.

Ниже представлена характеристика створов отбора проб (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика створов отбора проб по руслу в районе Горнослинкинской русловой зимовальной ямы

№ разреза	Район	Расстояние от устья, км	Характер грунтов		
			левый берег	стрежень	правый берег
1. Выше научно-исследовательского стационара «Миссия»	Уватский	531	песчаный	песчано-илистый	глинисто-песчаный
2. Ниже п. Горнослинкино	Уватский	520	илисто-песчаный	песчано-илистый	илисто-песчаный

Отбор проб донных отложений (ДО) производили стандартными методами. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Для определения содержания ионов металлов в донных отложениях использовали атомно-эмиссионный метод с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Optima 7000 DV. Предварительно перед определением выполняли пробоподготовку: для измельченных проб донных отложений брали навеску не менее 50 мг.

На каждом створе (разрезе) пробы отбирались у левого, правого берега и на стрежне реки. Делали по 2 выемки с каждой точки разреза при помощи обычного и утяжеленного дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,025 м² [6].

Результаты и их обсуждение. Распределение загрязняющих веществ в донных отложениях реки обусловлено их смывом и выносом с загрязненных пойменных площадей, характером течения реки (меандрирование), влиянием антропогенной нагрузки (судоходство). Присутствие иловых включений повышает накопление нефтепродуктов, тяжелых металлов и других поллютантов в донных отложениях водотока. Кроме того, на распределение загрязняющих веществ оказывают влияние русловые эрозионные процессы и нанос твердого стока с загрязненными частицами грунта, а также расположение потенциальных источников загрязнения.

Для оценки степени загрязнения ДО тяжелыми металлами обычно сравнивают реальные концентрации с их ПДК для почв или кларками в земной коре. Существует несколько классификаций отнесения химических элементов к тяжелым металлам: при атомной массе более 50 [7], металлы с плотностью более 8 г/см³ [5], в других работах к тяжелым металлам относят Pb, Hg, Cd, As [4], а по данным Европейской экономической комиссии ООН, оценивающей загрязнение атмосферы европейских стран, к тяжелым металлам относятся Zn, As, Se и Sb [7].

В Российской Федерации узаконенные нормативы концентрации тяжелых металлов в донных отложениях – отсутствуют. В настоящее время экспериментальным, а также и

расчетным путем установлены допустимые уровни для наиболее опасных тяжелых металлов в донных отложениях [8], а также зарубежные нормативы и величины фоновых концентраций ТМ в ДО пресноводных объектов [9].

Для элементов, у которых отсутствуют данные по фоновому содержанию, использовали усредненные величины кларков в земной коре [9].

В ДО в районе русловой ямы определяли как макро-, так и микрокомпоненты (металлы). К первым отнесли: Al>Fe>Ca>Mg>K>Mn>Na. Среднее содержание в ДО Al и Fe выше 5000 мг/кг, Ca, Mg, K - выше 1000 мг/кг, Mn и Na - выше 100 мг/кг. Среднее содержание остальных металлов – от 0,1 до 90 мг/кг.

В летний период наибольшие величины концентраций многих элементов по левому берегу и стрежню были отмечены на створе № 1, а по правому - на створе № 2.

Большинство минимальных концентраций отмечены в правобережье створа № 1 (Mg, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, K, Fe, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Al, As, Sb, Si, Se, Zn. Превышение C_f в среднем за сезон наблюдали для Pb в 1,5–3,5 раза, усредненного кларка у Sb – в 12-22 раза и Se в 34,5 раза. Средние значения концентраций остальных элементов были менее или на уровне фона.

Осенью большинство максимальных концентраций элементов были отмечены на створе № 2: стрежень (Cd, Se, K) и левобережье (Al, Fe, Ca, Mn, Na, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, Sr), кроме Mo – на стрежне створов № 2. Этот период также в среднем характеризовался превышением C_f средними величинами за сезон для Pb в 2-8 раз и усредненного кларка у Sb до 73 раз и Se – в 2-26 раз. Наибольшие концентрации рассматриваемых элементов отмечены на створе № 2, в левобережной части реки и ее стрежне: Mg – 5799 мг/кг, Cr – 49,29 и 47,61 мг/кг, Cu – 20,81 и 19,36 мг/кг, Fe – 32860 и 31300 мг/кг, Mn – 1159 и 1060 мг/кг, Ni – 23,91 и 22,89 мг/кг, Pb – 137,7 и 135,7 мг/кг, Sb – 23,15 и 20,95 мг/кг, Se – 19,04 и 19,74 мг/кг; в правобережной части реки: As – 10,17 мг/кг.

Одной из возможных причин такого явления может быть накопление ТМ в Горнослинкинской зимовальной русловой яме, расположенной выше створа № 2, глубина ямы в летний период составляет более 40 м. Самый глубокий участок этой ямы, по данным GPS-навигатора, находится в нулевой отметке над уровнем моря. Таким образом, возможен вынос накопившихся ТМ за счет потока грунтовых вод, выход которых расположен на дне ямы.

Второй возможной причиной такого явления может быть периодический вынос твердого стока из застойных зон ямы – «отрогов», где, по данным Э.С. Борисенко [2], сформировались благоприятные гидродинамические условия для рыб, возможно, там же и накапливаются ТМ.

Согласно данным [3] особенность состава донных отложений нижнего Иртыша заключается в повышенном содержании тех элементов, минералы которых устойчивы к выветриванию, а пойменные почвы имеют высокое содержание биогенных кадмия и цинка, аллювиальные почвы – хрома и никеля. Автором показано, что накопление микроэлементов в донных отложениях Иртыша в 1,3-1,6 раза больше, чем в почвах поймы.

Таблица 2

Содержание химических элементов в ДО р. Иртыш (9.07. – 30.09. 2013 г.), в мг/кг

Место отбора проб	Эл-ты	Разрез			
		Лето		Осень	
		1	2	1	2
		$X_{cp} \pm m$	$X_{cp} \pm m$	$X_{cp} \pm m$	$X_{cp} \pm m$
левый берег	Mg	980,00±4,93	595,00±2,17	258,50±0,34	5799,00±6,90
	Ca	1417,00±2,40	1120,00±1,70	378,90±0,34	5714,00±10,30
	Cd	-*	-*	-*	0,40±0,00
	Co	3,10±0,01	1,37±0,00	0,68±0,00	11,01±0,06
	Cr	9,22±0,01	6,44±0,03	2,55±0,03	49,29±0,04
	Cu	3,83±0,04	1,15±0,00	0,53±0,00	20,81±0,19
	K	579,60±4,45	357,50±4,50	140,60±0,12	3740±00
	Fe	5461,00±28,40	3503,00±6,90	1847,00±12,90	32860,00±31,10
	Mn	153,10±0,33	101,70±0,69	52,25±0,32	1159,00±0,60
	Mo	-*	-*	-*	0,24±0,01
	Na	54,23±0,10	44,39±0,19	31,00±0,32	336,00±5,28
	Ni	5,63±0,02	2,76±0,01	1,05±0,01	23,91±0,18
	Pb	23,32±0,14	15,20±0,13	7,37±0,03	137,70±0,45
	Al	4940,00±15,30	3373,00±41,60	1395,00±17,70	37770,00±122,70
	As	0,89±0,02	0,63±0,02	0,37±0,02	6,49±0,05
	Sb	5,83±0,16	3,62±0,74	1,13±0,24	23,15±0,40
	Si	26,57±0,85	21,15±0,19	20,76±0,63	24,52±0,20
	Se	4,48±0,34	4,01±0,18	1,10±0,01	19,04±0,85
	Zn	10,15±0,15	6,31±0,05	2,91±0,01	56,53±0,02
	Sr	11,07±0,04	0,11±1,07	3,57±0,07	59,50±0,05
стрежень	Mg	2285,00±12,30	2164,00±3,70	444,90±2,40	5593,00±63,70
	Ca	3188,00±4,60	3047,00±13,50	622,30±0,52	5683,00±23,80
	Cd	0,23±0,00	0,21±0,01	-*	0,87±0,00
	Co	5,21±0,03	5,27±0,00	1,32±0,01	10,36±0,08
	Cr	22,93±0,03	23,16±0,05	4,50±0,01	47,61±0,10
	Cu	6,86±0,01	6,62±0,03	1,23±0,00	19,36±0,08
	K	2065,00±1,30	1916,00±17,10	280,80±0,34	4693,00±32,80
	Fe	13100,00±3,90	12700,00±69,30	3035,00±3,90	31300,00±34,90
	Mn	364,40±0,57	347,20±1,85	72,20±0,08	1060,00±4,30
	Mo	0,09±0,02	0,09±0,02	2,49±0,00	0,41±0,01
	Na	143,50±0,36	133,10±1,34	38,16±0,00	309,30±1,32
	Ni	10,14±0,04	10,43±0,01	2,49±0,00	22,89±0,08
	Pb	59,58±0,27	58,03±0,25	12,86±0,01	135,70±3,11
Al	14890,00±53,90	14010,00±6,90	2611,00±0,30	34530,00±322,30	

	As	3,26±0,01	3,32±0,00	0,89±0,02	7,22±0,12
	Sb	8,93±0,07	10,49±0,16	2,40±0,10	20,95±0,24
	Si	23,21±0,40	25,71±0,26	16,77±0,23	44,66±4,00
	Se	11,44±0,10	11,48±0,66	3,21±0,10	19,74±0,08
	Zn	22,48±0,20	22,65±0,07	4,84±0,01	52,64±0,42
	Sr	35,05±0,10	34,53±0,28	5,91±0,12	57,15±0,09
правый берег	Mg	1416,00±3,90	1911,00±4,60	2309,00±11,60	353,00±2,29
	Ca	2267,00±6,60	2989,00±10,50	2606,00±0,30	817,20±2,48
	Cd	0,08±0,00	0,18±0,01	0,46±0,00	-*
	Co	3,34±0,01	3,92±0,02	6,67±0,01	1,04±0,01
	Cr	14,97±0,08	19,82±0,08	29,54±0,39	4,04±0,02
	Cu	4,48±0,00	5,26±0,22	12,23±0,18	1,37±0,02
	K	1125,00±5,40	1207,00±7,70	1529,00±1,20	231,90±2,67
	Fe	1093,00±00	1172,00±00	14030±00	2337±00
	Mn	200,60±1,01	347,20±1,85	205,00±0,80	70,31±0,13
	Mo	0,24±0,01	0,25±0,00	0,32±0,01	0,12±0,00
	Na	81,22±0,10	98,20±0,52	118,50±1,11	37,96±0,16
	Ni	6,40±0,01	8,89±0,05	11,91±0,07	1,79±0,00
	Pb	35,28±0,12	40,46±0,39	62,82±0,82	0,40±0,01
	Al	8136,00±20,70	8994,00±90,40	15,00±194,40	1977,00±10,10
	As	2,52±0,01	2,77±0,01	2,96±0,01	10,17±0,12
	Sb	6,92±0,41	7,87±0,02	10,98±0,39	2,07±0,16
	Si	12,46±1,82	14,59±0,27	6,66±0,11	5,64±0,18
	Se	10,70±0,32	10,04±0,02	12,58±0,38	3,24±0,25
	Zn	14,30±0,05	16,00±0,18	27,16±0,07	1,37±0,01
	Sr	24,93±0,11	34,64±0,10	32,94±0,23	8,19±0,02
* - элемент в пробе не обнаружен					

Таким образом, в донных отложениях исследуемого участка р. Иртыш присутствуют тяжелые металлы (Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, As, Sb, Se, Zn), но их количество в основном не превышает кларковых значений и фона, за исключением Pb, Sb, Se и As. Для сурьмы и селена в настоящее время отсутствуют данные по влиянию на гидробионты.

Список литературы

1. Алдохин А.С., Чемагин А.А., Медведева И.Н., Волощук В.В. Нерестовое поведение рыб и их перемещение в весенний период на устьевом участке р. Конда // Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Тобольск, 2015. – С. 11-14.
2. Борисенко Э.С. Гидроакустические исследования распределения рыб в пойменно-русловой системе Нижнего Иртыша : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.06. – М., 2013. – 28 с.

3. Московченко Д.В., Тигеев А.А., Кремлева Т.А. Ландшафтно-геохимические особенности Нижнего Прииртышья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. - 2011. - № 11. - С. 154-161.
4. Мониторинг фонового загрязнения природных сред / под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского. - Л. : Гидрометеоиздат, 1986. - 245 с.
5. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы - М. : Знание, 1980. – 208 с.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / ред. В.А. Абакумов. - Л. : Гидрометеоиздат, 1983. - 240 с.
7. Сайт института биологии Карельского научного центра РАН. - URL: <http://biology.krc.karelia.ru> (дата обращения: 18.11.2013).
8. Степанова Н.Ю., Говоркова Л.К., Анохина О.К., Латыпова В.З. Оценка уровня загрязнения донных отложений Куйбышевского водохранилища в местах повышенного антропогенного пресса методом триады // Актуальные проблемы водной токсикологии. - Борок, 2004. - С. 224-247.
9. Mikhailova L.V. and Chemagin A.A. Distribution of macro and microelements in the bottom sediments of Lower Irtysh // J. Fish. Aquat. Sci. – 2016. - 11 (5). – P. 349-360.
10. Mochek A.D., Borisenko E.S., Pavlov D.S., Budaev S.V., Chemagin A.A. Factors affecting the distribution of fish during receding flood in lower Irtysh: effects of water level and diurnal cycle // Annales de Limnologie. - 2015. - Т. 51. - № 2. - P. 89-100.