

УДК 556:53(282.25):543.3

**НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИРТЫШ****Алимова Г.С., Дударева И.А., Токарева А.Ю., Земцова Е.С.***ФГБУН Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук (ТКНС УрО РАН), Тобольск, e-mail: gulsem76@mail.ru*

Исследовано накопление свинца в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш. На основе атомно-эмиссионного анализа получены данные о концентрации валовой формы свинца в воде и донных отложениях на отрезке реки от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области. Общая протяженность исследуемого отрезка реки составила 163 км. Концентрация растворенного свинца составила 4...9 мкг/дм<sup>3</sup>. Выявлено превышение предельно допустимой концентрации свинца в воде в 1,2 раза в районе села Абалак и деревни Бизино Тобольского района, в 1,1 раза – в районе деревень Медведчиково и Бронниково Тобольского района. Проведена геохимическая оценка накопления свинца в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш на основе сравнения полученных данных с фоновым значением с применением показателя накопления. Изучение гранулометрического состава донных отложений, как одного из факторов адсорбции химических элементов, позволило выявить преобладание глинистых и илстых частиц в донных отложениях по левому берегу и магистральному руслу реки, по правому берегу – песчаных частиц. Наибольшее значение показателя накопления свинца, до 536%, обнаружено в донных отложениях вдоль левого берега и магистрального русла реки, представляющих собой песчанистые суглинки, суглинки и суглинки илстые и содержащие 0,17...0,66% органического вещества. Отсутствие превышения фона и минимальное значение показателя накопления элемента до 17% выявлено в донных отложениях реки вдоль правого берега реки, являющихся в основном песками с концентрацией органического вещества до 0,18% по медиане значений.

**Ключевые слова:** нижнее течение р. Иртыш, вода, донные отложения, гранулометрический состав, свинец, показатель накопления

**ACCUMULATION OF LEAD IN THE LOWER REACHES OF THE IRTYSH RIVER****Alimova G.S., Dudareva I.A., Tokareva A.Yu., Zemtsova E.S.***Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (TCSS UB RAS), Tobolsk, e-mail: gulsem76@mail.ru*

It's investigated the accumulation of lead in the sediments of the lower reaches of the river Irtysh. On the basis of atomic emission analysis of the obtained data on the concentrations of the gross forms of lead in water and sediments on the stretch of the river from the village of Abalak of Tobolsk district to the village Gornoslinskino of Uvat district of the Tyumen region. The total length of the studied stretch of the river was 163 km. The concentration of dissolved lead was 4 ... 9 µg/dm<sup>3</sup>. Revealed excess of maximum permissible concentration of lead in water of 1,2 times in the village of Abalak and in the village Bizino of Tobolsk district, 1.1 times – in the area of villages Medvedchikova and Bronnikovo of Tobolsk district. Geochemical evaluation of accumulation of lead in sediments of the lower reaches of the river Irtysh on the basis of comparison of obtained data with a background value by applying the index of accumulation. The study of granulometric composition of sediments as a factor of the adsorption of the chemical elements revealed a predominance of clay and silt particles in sediments on the left bank and main channel of the river, on the right bank – sand particles. The highest value of the index of accumulation of lead up to 536% found in the sediments along the left bank and main channel of the river, which is a sandy loam, loam and silty loam and containing ... 0,17 and 0,66% organic matter. No exceedance of background and the minimum value of the index of the accumulation of element to the 17% identified in the sediments of the river along the right bank of the river, which is mostly sand with a concentration of organic matter to 0,18% for the median values.

**Keywords:** lower reaches of Irtysh river, water, sediment, granulometric composition, the lead, the index of accumulation

Соединения свинца относят к токсичным соединениям для живых организмов [1]. Накопление свинца в воде и донных отложениях (ДО) реки зависит от многих факторов: гранулометрического состава ДО, концентрации органического вещества, pH, наличия аморфных гидроксидов алюминия и железа и т.д. [2]. Источники загрязнения свинца в нижнем течении р. Иртыш могут иметь как трансграничный, так и локальный характер. Основным источником появления соединений свинца в поверхностных водах

реки могут быть сточные воды металлургических предприятий и химических производств, расположенных на территории среднего и верхнего течения р. Иртыш (Омская область, Казахстан). Локальными объектами поступления загрязняющих веществ, в том числе и свинца, в р. Иртыш на исследуемом участке могут быть зоны отстоя и ремонта судов речного флота, выпуски канализационно-очистной станции (КОС) г. Тобольска, очистные сооружения ЗАО «СИБУР», стоки Тобольской ТЭЦ, несанкционированные свалки мусора [3].

Значимость водной экосистемы нижнего течения р. Иртыш обусловлена активной хозяйственной деятельностью человека на данной территории (нефтехимические производства, добыча нефти и газа и др.). Также здесь расположена крупная Горнослиннинская зимовальная яма, которую относят к категории особо важных биотопов Иртышского бассейна, играющих особую роль на путях миграции ценных видов рыб (осетра, стерляди, нельмы, муксуна). В таких биотопах происходит развитие молоди, откорм и зимовка массового скопления рыб [4, 5]. Цель работы – провести геохимическую оценку накопления свинца в донных отложениях исследуемого отрезка реки Иртыш в нижнем течении на основе сравнения полученных данных с фоновым значением с применением показателя накопления.

#### Материалы и методы исследования

Отбор образцов проб воды и ДО в нижнем течении р. Иртыш проведен в семи станциях – на участке от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области в 2015 г. (рис. 1). Длина реки Иртыш в пределах рассматриваемой территории составила 163 км [6]. Отбор ДО выполнен в период весенне-летнего половодья (май – сентябрь) 2015 г. из верхнего слоя донных отложений до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см<sup>2</sup> [6]. На каждой станции производили девять выемок грунта – не менее трех с магистрального русла (М.Р.), левого (Л.Б.) и правого (П.Б.) берегов. Определение валового содержания свинца проведено атомно-эмиссионным методом на спектрометре ОРТИМА-7000 DV по ПНД Ф 14.1:2.4.135-98 – в воде и по ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 – в ДО. Содержание органического вещества в ДО определено по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова. Гранулометрический состав ДО исследован с помощью метода Рутковского, для классификации ДО использован треугольник Ферре [7]. Результаты анализов обрабатывали математически с помощью программы *Microsoft Excel* с вычислением среднего арифметического значения (его стандартного отклонения (SD)). Значение заданной доверительной вероятности  $P = 0,05$ . Для оценки загрязнения ДО использовался показатель накопления (ПН) свинца, характеризующий превышение содержания рассматриваемо-

го элемента по сравнению с его фоновым значением [8]:

$$\text{ПН} = \frac{C_i - C_\phi}{C_\phi} \cdot 100 \%,$$

где  $C_i$  – измеренная концентрация элемента в донных отложениях, мг/кг, а  $C_\phi = 21,6$  мг/кг – фоновая концентрация элемента, определенная по данным специальных региональных исследований, мг/кг [9].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Среднее содержание свинца в воде на станциях 1 и 2 превышает предельно-допустимую концентрацию в 1,2 раза, на станциях 4 и 5 – в 1,1 раза, на станции 3 – находится на уровне ПДК, на станциях 6 и 7 – ниже ПДК (рис. 2).

В целом по исследуемому участку р. Иртыш концентрация растворенного свинца находится в пределах 4...9 мкг/дм<sup>3</sup>, что характерно для поверхностных вод со слабощелочной средой (рН, близкое 8,0), учитывая его миграцию в составе взвешенных частиц [1]. Следует отметить, что данный диапазон концентрации свинца в воде был выявлен и по результатам гидрохимического мониторинга, проведенного в 1994–1998 гг. в нижнем течении р. Иртыш [3]. Выявлено сопоставление содержания взвешенных форм с валовым содержанием свинца в поверхностном слое ДО водоемов [1]. Разными исследователями установлены статистически значимые корреляции между гранулометрическим составом и содержанием металлов в ДО [10, 11]. В период отбора проб ДО гранулометрический состав исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш характеризуется по левому берегу в основном песчанистыми суглинками – 42,9%, суглинками илистыми – 23,8%, суглинистыми песками – 19% и песками – 14,3%; по магистральному руслу: песчанистыми суглинками, суглинками – 42,9%, песками – 28,6%, суглинистыми песками – 19% и суглинками илистыми – 9,5%; по правому берегу: песками – 38,1%, песчанистыми суглинками, суглинками – 28,6%, суглинистыми песками – 23,8% и суглинками илистыми – 9,5% (табл. 1, 2). Таким образом, в гранулометрическом составе ДО по левому берегу и магистральному руслу реки преобладают глинистые и илистые частицы с размером менее 0,005 мм, а по правому берегу – песчаные частицы, размером более 0,25 мм, как и в предыдущие годы исследования [6].

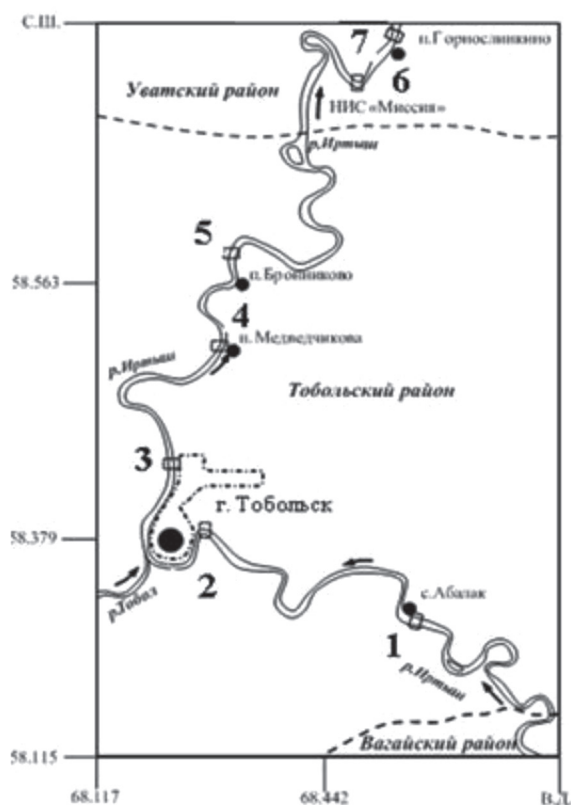


Рис. 1. Схема-карта района исследований (масштаб 1:500000)  
 - - - границы муниципальных районов; - - - границы г. Тобольска;  
 ● населенные пункты; ← направление течения реки; (1-7) – станции отбора проб воды и донных отложений: 1 – село Абалак, Тобольский район; 2 – деревня Бизино, Тобольский район; 3 – г. Тобольск, Речной порт; 4 – деревня Медведчиково, Тобольский район; 5 – деревня Бронниково, Тобольский район; 6 – Научно-исследовательский стационар «Миссия» ТКНС УрО РАН, Уватский район; 7 – село Горнослинкино, Уватский район [6]

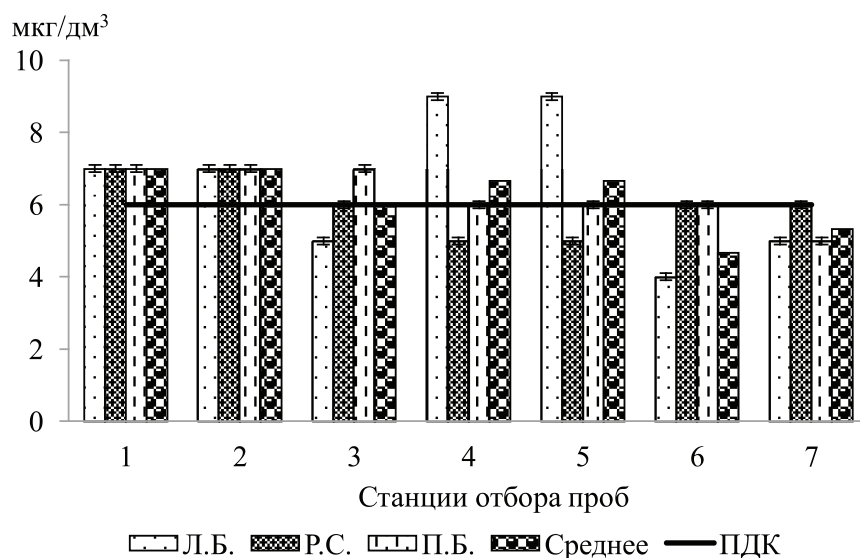


Рис. 2. Содержание Pb в поверхностных водах исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш

**Таблица 1**

Гранулометрический состав ДО исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш (ПС – песчанистый суглинок, П – песок, СИ – суглинок илистый, суглинок; СП – суглинистый песок)

№ створа	Период отбора	Правый берег	Магистральное русло	Левый берег	№ створа	Правый берег	Магистральное русло	Левый берег
1	Весенний	ПС	ПС	ПС	5	С	ПС	ПС
	Летний	СП	ПС	ПС		СП	СП	СП
	Осенний	П	П	СИ		П	СП	ПС
2	Весенний	С	СИ	СИ	6	ПС	С	СП
	Летний	СП	ПС	ПС		СП	ПС	ПС
	Осенний	П	П	СИ		СИ	П	П
3	Весенний	П	П	ПС	7	С	ПС	СИ
	Летний	П	ПС	ПС		СП	ПС	ПС
	Осенний	П	СП	СИ		П	СИ	ПС
4	Весенний	П	П	П				
	Летний	СИ	П	СП				
	Осенний	ПС	СП	СП				

**Таблица 2**

Физико-химические показатели ДО нижнего течения р. Иртыш в зависимости от гранулометрического состава (медиана, в скобках – минимум и максимум значений)

Физико-химические показатели ДО нижнего течения р. Иртыш	Песок	Суглинистый песок	Песчанистый суглинок, суглинок	Суглинок илистый
Фракция песчаных частиц (0,25 ÷ 2 мм), %	95,0 (90–100)	80,0 (72,5–85,0)	62,5 (55–65)	37,5 (27,5–45,0)
Фракция глинистых частиц (менее 0,005 мм), %	2,3 (0,0–4,5)	4,5 (3,4–9,1)	6,8 (6,8–9,7)	9,1 (6,8–12,5)
Фракция илистых частиц (0,005 ÷ 0,25 мм), %	1,6 (0,0–7,7)	15,5 (10,5–21,6)	29,5 (26,5–37,8)	52,5 (44,8–63,4)
Органический углерод, %	0,18 (0,00–0,42)	0,20 (0,06–0,98)	0,38 (0,17–0,56)	0,46 (0,10–0,66)

По данным [2] глинистые частицы в ДО являются субстратами для более активных адсорбентов, например, органических соединений. Концентрация органического углерода в пробах ДО увеличивается с повышением процентного содержания фракции глинистых и илистых частиц (табл. 2). Максимальное содержание органического углерода наблюдается в суглинках илистых – до 0,66%, далее в песчанистых суглинках и суглинках – до 0,56%, а в песках – 0,18% по медиане значений. Валовое содержание свинца и его показатель накопления (ПН) в ДО на разных участках нижнего течения р. Иртыш приведены в табл. 3.

Наибольшие показатели накопления свинца выявлены в пробах ДО по левому берегу и магистральному руслу, представляющие собой как раз в основном суглинки илистые, песчанистые суглинки

и суглинки – от 164 до 536% (табл. 1 и 3). В данных образцах проб ДО по левому берегу в осенний период ПН свинца достигает 406% на станции 1 и свыше 500% на станции 7. Весной ПН по левому берегу и руслу варьирует от 230 до 373%, летом – от 116 до 181%. В пробах ДО – песках, характерных для ДО вдоль правого берега реки, адсорбция свинца практически отсутствует, так как превышение фона не наблюдается. В суглинистых песках ПН изменяется от 1 до 63%.

**Выводы**

Одним из основных факторов, влияющих на пространственное распределение свинца в ДО нижнего течения р. Иртыш, является гранулометрический состав исследуемых образцов. Концентрация растворенного свинца составила 4...9 мкг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 3

Валовое содержание ( $\bar{X} \pm SD$ ,  $n = 3$ ,  $P = 0,05$ , мг/кг) и ПН (%) Pb в ДО нижнего течения р. Иртыш: левого берега (ЛБ), магистрального русла (МР) и правого берега (ПБ) (прочерк – отсутствие превышения фона)

Створы отбора проб	Точка отбора	Сезон отбора проб					
		Весна		Лето		Осень	
		$\bar{X} \pm SD$	ПН	$\bar{X} \pm SD$	ПН	$\bar{X} \pm SD$	ПН
1	Л.Б.	71,2 ± 0,4	230	60,7 ± 0,3	181	109 ± 1	406
	М.Р.	70,8 ± 0,5	228	49,4 ± 0,3	129	15,4 ± 0	–
	П.Б.	35,3 ± 0,2	63	56,3 ± 0,1	161	13,4 ± 0	–
2	Л.Б.	99,8 ± 1,1	362	41,0 ± 0,3	90	85,1 ± 0,2	294
	М.Р.	80,8 ± 0,3	274	60,2 ± 0,2	179	19,6 ± 0,1	–
	П.Б.	37,4 ± 0,3	73	39,7 ± 0,1	84	23,0 ± 0,1	6
3	Л.Б.	66,9 ± 0,1	210	46,6 ± 0,1	116	80,2 ± 0,5	271
	М.Р.	10,3 ± 0,1	–	77,4 ± 0,1	258	96,2 ± 0,9	345
	П.Б.	17,7 ± 0	–	12,5 ± 0	–	17,5 ± 0,1	–
4	Л.Б.	25,2 ± 0	17	28,7 ± 0,2	33	30,3 ± 0,1	40
	М.Р.	25,2 ± 0,3	17	19,3 ± 0,1	–	40,8 ± 0,1	89
	П.Б.	56,0 ± 0,3	159	57,1 ± 0,2	164	48,8 ± 0,4	126
5	Л.Б.	68,0 ± 0	215	33,4 ± 0	55	49,1 ± 0,3	127
	М.Р.	86,9 ± 0,4	302	34,6 ± 0,3	60	23,9 ± 0,4	11
	П.Б.	58,0 ± 0,2	169	67,3 ± 0,3	212	11,0 ± 0,1	–
6	Л.Б.	21,8 ± 0,1	1	23,3 ± 0,1	8	7,4 ± 0	–
	М.Р.	85,0 ± 0,5	294	59,6 ± 0,3	176	12,9 ± 0	–
	П.Б.	19,9 ± 0	–	35,3 ± 0,1	63	62,8 ± 0,8	191
7	Л.Б.	102,2 ± 0,6	373	15,2 ± 0,1	–	137,7 ± 0,5	536
	М.Р.	79,0 ± 0,6	266	58,0 ± 0,3	169	135,7 ± 3,1	528
	П.Б.	64,1 ± 0,2	197	40,5 ± 0,4	88	10,2 ± 0,1	–

Наибольшее значение ПН свинца, до 536%, обнаружено в донных отложениях вдоль левого берега и магистрального русла реки, представляющих собой песчаные суглинки, суглинки и суглинки илистые и содержащие 0,17...0,66% органического вещества. Отсутствие превышения фона и минимальное значение ПН элемента в пределах 17% выявлено в донных отложениях реки вдоль правого берега, являющихся в основном песками с концентрацией органического вещества до 0,18% по медиане значений.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0019 «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна».*

#### Список литературы

1. Миграция и аккумуляция свинца в водной экосистеме Кузальницкого Лимана / Г.Н. Шихалева [и др.] // Вестник. – 2009. – Т. 14. – Вып. 11. – С. 79–88.
2. Шавнин А.А., Паничев С.А. Теоретические основы распределения микроэлементов в системах «Вода – дон-

ные отложения» фоновых озер Западной Сибири: моногр. / А.А. Шавнин, С.А. Паничев. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 2016. – 132 с.

3. Михайлова Л.В., Чемагин А.А., Медведева И.Н. Ретроспективный анализ и современное состояние гидрохимического режима р. Иртыш в нижнем течении / Л.В. Михайлова, А.А. Чемагин, И.Н. Медведева // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2015. – Т. 2, № 2 (6). – С. 60–75.

4. Павлов Д.С., Мочек А.Д. Биологическое значение русловых ям в связи со стратегией сохранения рыбных ресурсов Обь-Иртышского бассейна // Экология рыб Обь-Иртышского бассейна: монография [под ред. Д.С. Павлова, А.Д. Мочека]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 370–376.

5. Алимова Г.С., Дударева И.А. Гидрохимия Горнослинкинской зимовальной русловой ямы и пойменных водоемов в нижнем течении р. Иртыш / Г.С. Алимова, И.А. Дударева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12–6. – С. 977–982.

6. Алимова Г.С., Земцова Е.С., Токарева А.Ю. Применение экогеологических критериев при оценке химического загрязнения донных отложений Нижнего Иртыша / Г.С. Алимова, Е.С. Земцова, А.Ю. Токарева // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 94–98.

7. Фурсов В.В. Определение гранулометрического состава грунтов (методические указания) / В.В. Фурсов, М.В. Балюра. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2007. – 21 с.

8. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги / Косов В.И. [и др.] // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 28, № 4. – С. 448–453.



9. Чемагин А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении: дис.... канд. биол. наук. – Тюмень, 2015. – 231 с.

10. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / А.А. Кленкин [и др.] // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35, № 1. – С. 88–92.

11. Лукьянов С.А., Лебедев А.А., Шварцман Ю.Г. Гранулометрический состав донных отложений и его распределение в устьевой зоне р. Северной Двины / С.А. Лукьянов, А.А. Лебедев, Ю.Г. Шварцман // Arctic Environmental Research. – 2011. – № 2. – С. 12–19.

### References

1. Migracija i akumuljacija svinca v vodnoj jekosisteme Kujalnickogo Limana / G.N. Shihaleeva [i dr.] // Bestnik. 2009. T. 14. Vyp. 11. pp. 79–88.

2. Shavnin A.A., Panichev S.A. Teoreticheskie osnovy raspredelenija mikrojelementov v sistemah «Voda – donnye otlozhenija» fonovyh ozer Zapadnoj Sibiri: monogr. / A.A. Shavnin, S.A. Panichev. Ishim: Izd-vo IPI im. P.P. Ershova (filial) TjumGU, 2016. 132 p.

3. Mihajlova L.V., Chemagin A.A., Medvedeva I.N. Retrospektivnyj analiz i sovremennoe sostojanie gidrohimicheskogo rezhima r. Irtysh v nizhnem techenii / L.V. Mihajlova, A.A. Chemagin, I.N. Medvedeva // Vestnik rybohozjajstvennoj nauki. 2015. T. 2, no. 2 (6). pp. 60–75.

4. Pavlov D.S., Mochev A.D. Biologicheskoe znachenie ruslovyh jam v svjazi so strategiej sohraneniya rybnyh resursov Ob-Irtyshskogo bassejna // Jekologija ryb Ob-Irtyshskogo

bassejna: monografija [pod red. D.S. Pavlova, A.D. Mochevka]. M.: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2006. pp. 370–376.

5. Alimova G.S., Dudareva I.A. Gidrohimiya Gornoslinskoy zimovalnoj ruslovoj jamy i pojmenykh vodoemov v nizhnem techenii r. Irtysh / G.S. Alimova, I.A. Dudareva // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 12–6. pp. 977–982.

6. Alimova G.S., Zemcova E.S., Tokareva A.Ju. Primenenie jekogeologicheskikh kriteriev pri ocenke himicheskogo zagrjaznenija donnyh otlozhenij Nizhnego Irtysha / G.S. Alimova, E.S. Zemcova, A.Ju. Tokareva // Uspehi sovremennoego estestvoznaniya. 2016. no. 5. pp. 94–98.

7. Fursov V.V. Opredelenie granulometricheskogo sostava gruntov (metodicheskie ukazaniya) / V.V. Fursov, M.V. Baljura. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2007. 21 p.

8. Koncentracii tzhzhelyh metallov v donnyh otlozhenijah Verhnej Volgi / Kosov V.I. [i dr.] // Vodnye resursy. 2001. T. 28, no. 4. pp. 448–453.

9. Chemagin A.A. Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie reki Irtysh v nizhnem techenii: dis.... kand. biol. nauk. Tjumen, 2015. 231 p.

10. Sovremennaja harakteristika donnyh otlozhenij Azovskogo morja po stepeni zagrjaznenosti kompleksom naibolee opasnyh toksikantov / A.A. Klenkin [i dr.] // Vodnye resursy. 2008. T. 35, no. 1. pp. 88–92.

11. Lukjanov S.A., Lebedev A.A., Shvarcman Ju.G. Granulometricheskij sostav donnyh otlozhenij i ego raspredelenie v ustevoj zone r. Severnoj Dviny / S.A. Lukjanov, A.A. Lebedev, Ju.G. Shvarcman // Arctic Environmental Research. 2011. no. 2. pp. 12–19.