

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ МАЛЫХ РЕК ЗАПАДНОГО СКЛОНА ХРЕБТА ИРАНДЕК

© 2021

Янтурин С.И., Хисаметдинова А.Ю., Бускунова Г.Г.

Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета
(г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье впервые исследовано содержание тяжелых металлов (Pb, Cd – металлы-токсиканты и Cu, Zn, Fe – микроэлементы биофилов) в поверхностных природных водах малых рек западного склона хребта Ирандек на территории Баймакского района Республики Башкортостан. Западный склон хребта Ирандек от озера Талкас до озера Графское характеризуется отсутствием значительных антропогенных источников загрязнения окружающей среды, в отличие от восточного склона хребта Ирандек на той же широте. Исследуемые реки расположены на этом участке западного склона и являются левыми притоками верховья р. Таналык. Именно эти малые реки определяют химический состав воды в верхнем участке р. Таналык. Содержание тяжелых металлов в образцах воды определяли методом атомной абсорбции. Для экологической оценки вод использовали кратность превышения предельно допустимых концентраций тяжелых металлов для водоемов рыбохозяйственного назначения. Проведенные исследования показали, что в водах малых рек западного склона хребта Ирандек наблюдается повышенное содержание ряда тяжелых металлов, а именно меди, железа, цинка, свинца и кадмия, что связано со специфическими геохимическими особенностями района исследования.

Ключевые слова: тяжелые металлы; поверхностные природные воды; предельно допустимые концентрации; западный склон; хребет Ирандек; Республика Башкортостан.

HEAVY METAL CONTENT IN SURFACE WATERS OF SMALL RIVERS ON THE WESTERN SLOPE OF THE IRENDIK RIDGE

© 2021

Yanturin S.I., Khisametdinova A.Yu., Buskunova G.G.

Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

Abstract. This paper studies the content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd – metals-toxicants and Fe) in the surface natural waters of small rivers on the western slope of the Irendik ridge in the Baimak District of the Republic of Bashkortostan. The western slope of the Irendik ridge from Lake Talkas to Lake Grafskoe is characterized by the absence of significant anthropogenic sources of environmental pollution in contrast to the eastern slope of the Irendik ridge at the same latitude. The studied rivers are located on this section of the western slope and are left tributaries of the upper reaches of the Tanalyk River. It is these small rivers that determine the chemical composition of the water in the upper section of the Tanalyk River. The content of heavy metals in the waters was determined by atomic absorption spectrometry. For the environmental assessment of waters, the multiplicity of exceeding the maximum permissible concentrations of heavy metals for fisheries reservoirs was used. The studies have shown that in the waters of small rivers on the western slope of the Irendik ridge there is an increased content of a number of heavy metals, namely copper, iron, zinc, lead and cadmium. Increased concentrations of heavy metals in the waters of the studied rivers are caused by geochemical factors.

Keywords: heavy metals; surface water bodies; maximum permissible concentrations; western slope; Irendik ridge; Republic of Bashkortostan.

Введение

Горный хребет Ирандек – один из отрогов Уральских гор, является самым восточным хребтом Республики Башкортостан (РБ). Длина хребта – 140 км, высшая точка – гора Кузгунташ (Вороний камень) – 987 м [1, с. 258–259]. В геологическом отношении хребет представляет собой массы осадочных образований и изверженных горных пород, возникших в результате подводных извержений вулканов, когда поднимавшихся на дне моря [2, с. 169]. Со склонов Ирандека сбегает многочисленных ручьи, их долины покрыты травянистой и кустарниковой растительностью. Преобладающими видами являются черемуха, ольха, смородина, малина, а на сухих водоразделах – дикая вишня, рябина и др.

В пресных водоемах наиболее распространенными загрязнителями являются тяжелые металлы. Мно-

гие из них высокотоксичны, способны к накоплению в живых организмах и во внешней среде. В поверхностные водные объекты тяжелых металлов попадают вследствие выщелачивания различных руд и минеральных соединений [3, с. 11]. В зависимости от окислительно-восстановительных реакций, уровня водородного показателя металлы могут входить в состав разнообразных неорганических и органических соединений с различными степенями окисления. На участках контакта природных вод с раздробленной породной массой происходит закисление природных вод и обогащение их тяжелыми металлами и сульфатами [4, с. 11]. Кислоты, впадая в осадок, способствует уменьшению водородного показателя и переходу металлов из связанного состояния в свободное.

Воды малых рек западного склона хребта Ирандек не исследованы. Известно, что исследуемый ре-

гион характеризуется отсутствием значительных антропогенных источников загрязнения окружающей среды: г. Сибай расположен в 20 км к востоку, г. Баймак – 5–22 км к югу. Загрязнение поверхностных вод тяжелыми металлами в условиях техногенного воздействия достаточно хорошо исследованы в реках восточного склона хребта Ирандек (р. Худолаз, р. Карагайлы, р. Камышлы-Узяк). Анализ литературных источников показал, что на истоке реки Худолаз содержание металлов превышали ПДК_{Крыб.хоз.}: Cu – 12 раз, Fe – 3 раза, Zn – 18 раз [5, с. 186]. В водах реки Карагайлы концентрация меди превышала ПДК_{Крыб.хоз.} – 33–199 раз, цинка – 81,9–107,3 раза, железа – 4,59–30,97 раз, кадмия – 6–10 раз [6, с. 824; 7, с. 26]. Содержание меди в водах реки Камышлы-Узяк превышало 3–44 ПДК, цинка – 1,7–13,6 ПДК, железа – 2,3–20,4 ПДК, кадмия – 1,6 ПДК [8, с. 69; 9, с. 390; 10, с. 54]. В связи с этим мониторинг поверхностных природных вод наиболее ценного в природоохранном плане участка Ирандека от озера Талкас до озера Графское является актуальным. Впервые нами определены концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) в поверхностных природных водах малых рек западного склона хребта Ирандек.

Цель исследования: анализ содержания тяжелых металлов в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек на территории Баймакского района Республики Башкортостан.

Объекты исследования

Исследования проводились в августе 2016 года в 8 точках отбора проб (ТО): ТО-1 – р. Шугур; ТО-2 – р. Таналык, мост в д. Бахтигареево; ТО-3 – р. Улак-1; ТО-4 – р. Улак-2; ТО-5 – р. Тукмак; ТО-6 – р. Таналык, мост в д. Мерясово; ТО-7 – р. Акменды; ТО-8 – р. Таналык после оз. Графское (рис. 1).

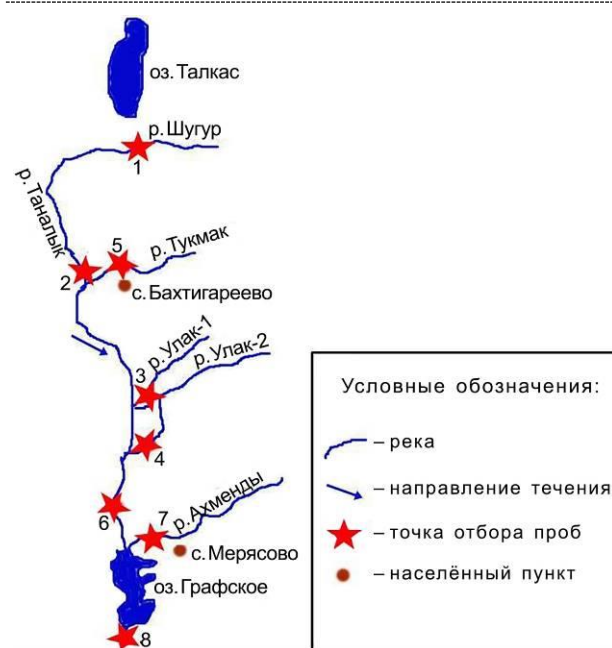


Рисунок 1 – Карта-схема расположения

точек отбора проб. Точки отбора проб:

1 – р. Шугур; 2 – р. Таналык, мост в д. Бахтигареево;

3 – р. Улак – 1; 4 – р. Улак – 2;

5 – р. Тукмак; 6 – р. Таналык, мост в д. Мерясово;

7 – р. Акменды;

8 – р. Таналык после оз. Графское

Материалы и методика исследований

Отбор проб воды производился согласно общепринятой методике. Массовые концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) в образцах воды определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии [10]. Оценивали качество вод кратностью превышения предельно допустимых концентраций металлов для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{Крыб.хоз.}) [11, с. 11–19; 12, с. 53].

Опыты производили в одной повторности в восьми точках отбора. Полученные данные отображали в виде графиков, построенных в программе Excel. Статистический анализ результатов проведен с использованием программы Statistica 6.0. В качестве вариационного ряда использовали содержание тяжелых металлов в реках западного склона хребта Ирандек. Нами были вычислены среднее арифметическое значение признака (M), стандартное отклонение (δ). Для выяснения изменчивости содержания тяжелых металлов в водах рек был вычислен коэффициент вариации (C_v , %) по следующей формуле:

$$C_v = \delta / M \times 100,$$

при этом учитывали, что если C_v до 10% – низкая изменчивость признаков; от 11% до 20% – средняя; от 21% и выше – высокая [13, с. 7–89].

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенное исследование показало, что за летний период во всех точках отбора зафиксировано превышение допустимой нормы по содержанию меди от 19,8 до 938,8 раза (рис. 2). В воде рек Тукмак (ТО-5) и Акменды (ТО-7) зарегистрированы наибольшие концентрации Cu, а минимальные – в р. Улак – 1 (ТО-3). Поймы нижних течений исследуемых рек характеризовались заболоченностью. По мнению Г.С. Коновалова, В.И. Корнеевой, заболоченность территории способствует интенсивному поступлению Cu в речные воды, что поднимает уровень концентрации элемента в природных водах [14, с. 11–21].

Высокое содержание концентраций меди в водных объектах обусловлено природными факторами (выщелачивание медьсодержащих почв и горных пород) [15, с. 26].

Концентрации цинка в водах малых рек хребта Ирандек в летний период превышали ПДК_{Крыб.хоз.} (0,01 мг/дм³) в точках отбора 3, 4, 5, 7. Максимальное значение цинка было зарегистрировано в р. Акменды, где превышение составило 3,6 ПДК_{Крыб.хоз.} (рис. 3). В точках 1, 2, 6 содержание цинка соответствовало нормативным требованиям для водоемов рыбохозяйственных объектов. По литературным источникам [15, с. 24], цинк в поверхностные пресные воды поступает в результате выветривания горных пород и минералов (например, сфалерит ZnS, смитсонит).

Во всех исследуемых точках отбора зафиксировано превышение допустимой нормы по содержанию железа от 2,55 до 3,6 раза (рис. 4). Максимальная концентрация этого элемента отмечена на р. Таналык около моста д. Мерясово Баймакского района (ТО-6). В летний период в водоемах отмечается увеличение концентрации железа, что связано с высокой биологической продуктивностью.

В результате химического выветривания горных пород ионы железа, вступая в реакцию с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами, образуют сложные комплексные соединения [16, с. 428].

Концентрация железа может увеличиться до нескольких мг/дм^3 в пресных поверхностных водных объектах, вблизи болот [17, с. 199].

Содержание свинца в водах рек изменяются от 0,0132 до 0,0546 мг/дм^3 . Концентрации свинца в природных водах превышают ПДКрыб.хоз. (0,006 мг/дм^3) (рис. 5) во всех точках отбора от 2,2 до 6,08 раза. Максимальное значение свинца обнаружено на р. Улак – 2 (ТО-4), минимальное – на р. Улак – 1 (ТО-3).

Реки и озера могут загрязняться свинцом как естественным, так и антропогенным путем. Естественное загрязнение свинцом наблюдается в ходе разложения минералов, содержащих свинец. Наибо-

лее распространенными свинецсодержащими рудами являются галенит, англезит, церуссит [18, с. 46].

Концентрации кадмия в пробах воды рек превышают ПДКрыб.хоз. (0,005 мг/дм^3) в точках отбора 1, 3, 5, 7 от 1,16 до 1,4 раза. Максимальный показатель содержания кадмия был зарегистрирован в точке отбора 1, где составил 0,007 мг/дм^3 , а минимальный – во второй точке – 0,0008 мг/дм^3 . Превышение нормы также наблюдаются в ТО-3 – 0,0063 мг/дм^3 , ТО-5 – 0,0067 мг/дм^3 , ТО-7 – 0,0064 мг/дм^3 (рис. 6). В этих же точках и отмечается высокое содержание цинка. В рудных месторождениях кадмий, как правило, содержится вместе с цинком [19, с. 28]. Кадмий в природные воды может попадать при выветривании горных пород, в ходе смыва почвенного горизонта после обильных атмосферных осадков в летний период и с талыми водами весной.

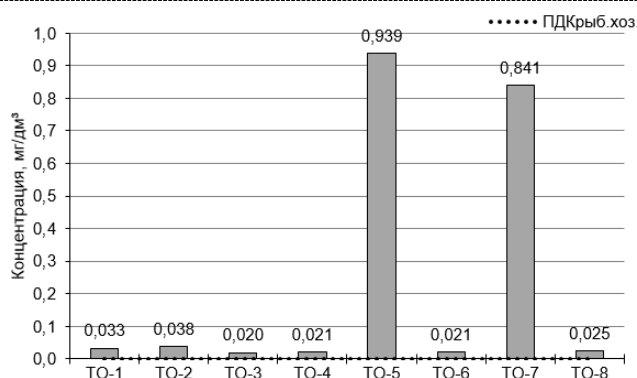


Рисунок 2 – Содержание меди в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек

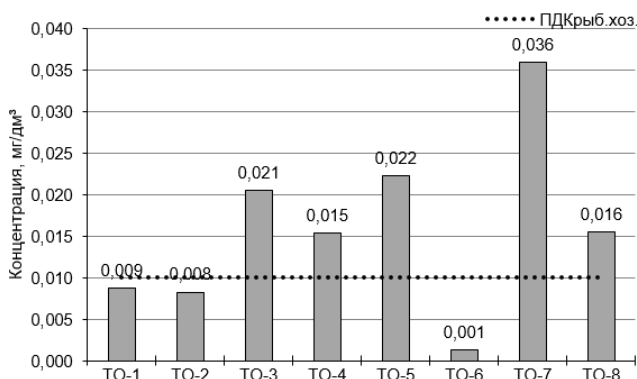


Рисунок 3 – Содержание цинка в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек

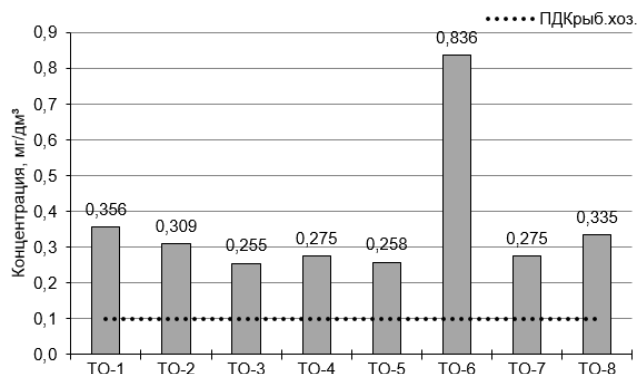
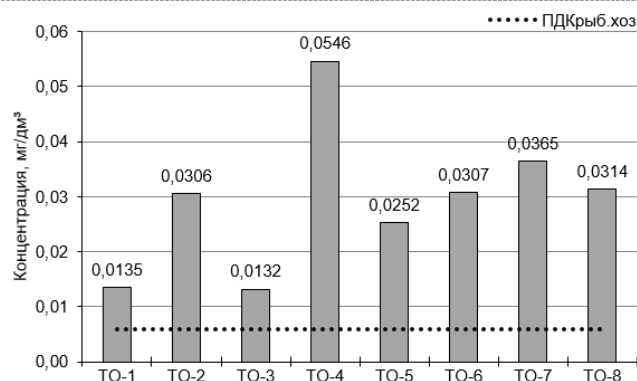
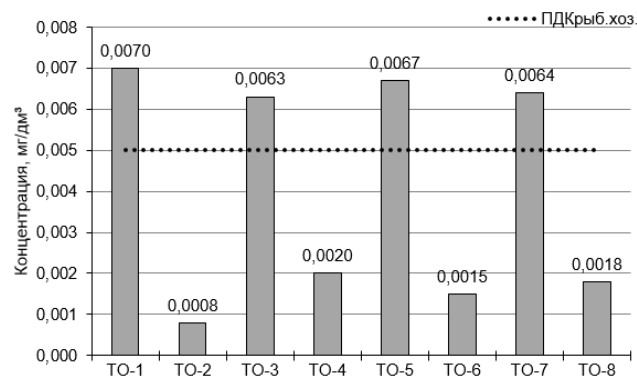


Рисунок 4 – Содержание железа в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек

**Рисунок 5** – Содержание свинца в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек**Рисунок 6** – Содержание кадмия в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек

Зауральский регион Республики Башкортостан представляет собой природно-техногенную геохимическую аномалию с избытком многих металлов, особенно Cu и Zn. Это и обуславливает поступление металлов в речную сеть хребта Ирандек.

Выявлено, что содержание Cu (в 19,8–938,8 раза), Fe (в 2,55–3,60 раза), Pb (в 2,2–6,08 раза) превышали установленные значения ПДК_{рыб.хоз.} во всех обследованных точках отбора. Содержание Zn превышало нормы (в 1,54–3,6 раза) в точках отбора 3, 4, 5, 7, 8 и Cd (в 1,16–1,4 раза) – в точках 1, 3, 5, 7.

Среднестатистические значения тяжелых металлов (мг/дм³) в водах малых рек западного склона хребта Ирандек убывали в ряду: Fe (0,362) > Cu (0,242) > Pb (0,029) > Zn (0,016) > Cd (0,004).

Содержание Cu (99,9%), Zn (66,25%), Fe (53,75%), Pb (44,91%), Cd (67,5%) в воде рек западного склона хребта Ирандек характеризовались высокой изменчивостью (C_v более 21%).

Исследованные нами реки приносят свои воды в р. Таналык. Превышения концентраций тяжелых металлов отмечались в фоновом створе р. Таналык, в зоне непромышленного освоения. Это объясняется их повышенной фоновой концентрацией в данном регионе [20, с. 24]. Таким образом, по результатам исследований видно, что содержание тяжелых металлов повышенное, что обуславливается геохимическими факторами. Значительные превышения существующего норматива ПДК_{рыб.хоз.} свидетельствуют о высоких концентрациях тяжелых металлов в малых реках западного склона хребта Ирандек.

Выводы

1. Исследовано содержание тяжелых металлов (Pb, Cd – металлы-токсиканты и Cu, Zn, Fe – микроэлементы-биофилы) в поверхностных природных водах малых рек западного склона хребта Ирандек на

территории Баймакского района Республики Башкортостан.

2. Концентрации тяжелых металлов в малых реках западного склона хребта Ирандек превышают существующие нормативы ПДК рыбохозяйственного назначения. Главным фактором, определяющим повышенные концентрации ингредиентов, является геохимический природный фон.

Список литературы:

1. Баймакская энциклопедия. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2013. 639 с.
2. Хисаметдинова А.Ю., Янтурин С.И. Формирование химического состава воды в верхнем течении реки Таналык в Башкирском Зауралье. Т. 1. Уфа: РИК УГАТУ, 2020. С. 169–172.
3. Евтухова В.О., Князева Т.В. Тяжелые металлы в малых реках Краснодарского края // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: мат-лы науч. конф. с междунар. уч. Ч. 2. Ростов-на-Дону, 8–10 сентября 2015 г. Ростов-на-Дону, 2015. С. 11–15.
4. Кутляхметов А.Н. Геоэкологическое состояние природно-технических систем районов золотодобычи в Башкирском Зауралье: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 2015. 43 с.
5. Хабирова Ю.Р. Исследование содержания тяжелых металлов в воде реки Худолаз // Эколого-биологические и медицинские проблемы регионов России и сопредельных территорий: мат-лы всерос. конф. (г. Сибай, 8–19 октября 2014 г.). Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 185–187.
6. Бактыбаева З.Б., Сулейманов Р.А., Ямалов С.М., Кулагин А.А., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р. Оценка содержания тяжелых металлов в компонентах речных экосистем горнорудных территорий Республики Башкортостан // Гигиена и здоровье. 2016. Т. 95, № 9. С. 822–827.

7. Бактыбаева З.Б., Сулейманов С.М., Мукашева М.А., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Кулагин А.А. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в компонентах речных экосистем горнорудных территорий Республики Башкортостан // Вестник Карагандинского университета. 2016. Т. 81, № 1. С. 24–28.

8. Ильбулова Г.Р., Хасанова Р.Ф., Суяндукоев Я.Т., Бускунова Г.Г., Семенова И.Н. Содержание тяжелых металлов в компонентах речных экосистем горнорудных территорий Республики Башкортостан // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Качество воды и водные биоресурсы (VII Любимцевские чтения). Тольятти: Анна, 2020. С. 67–71.

9. Бускунова Г.Г., Хасанова Р.Ф., Ильбулова Г.Р., Рафикова Ю.С. Содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Карагайлы в условиях техногенного загрязнения // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: сб. науч. тр. междунар. науч. экол. конф. Краснодар: КубГАУ, 2020. С. 386–388.

10. Бактыбаева З.Б., Кадырова В.А., Гуламанова Г.А. Видовой состав водорослей и цианопрокариот рек Карагайлы и Камыш-Узья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 5 (2). С. 52–55.

11. Методика выполнения измерений массовых концентрация железа, кобальта, марганца, меди, никеля, серебра, хрома и цинка в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М., 1998. 20 с.

12. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 № 552.

13. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.

14. Коновалов Г.С., Коренева В.И., Коренев А.П., Добровольская Н.И. Микроэлементы в воде замыкающих створов рек Европейской территории СССР в 1976–1978 гг. // Гидрохимические материалы. 1979. Т. 75. С. 11–21.

15. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2014. 133 с.

16. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: справ. изд. / под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.

17. Зимонин Д.В., Бурмакина Г.В., Бондарева Л.Г., Жижаев А.М., Рубайло А.И. Определение железа в поверхностных и питьевых водах Красноярского региона методами вольтамперометрии // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2012. Т. 5, № 2. С. 198–208.

18. Гармашова И.В., Колоцей Е.В., Пополина А.А. Определение физико-химических показателей в поверхностных и донных водах реки Невы // Молодой ученый. 2015. № 21 (101). С. 43–49.

19. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 23–29.

20. Бактыбаева З.Б., Суяндукоев Я.Т., Ямалов С.М., Юнусбаев У.Б. Загрязнение тяжелыми металлами экосистемы реки Таналык, сообщества водных макрофитов и возможности их использования для биологической очистки / под ред. чл.-корр. АН РБ Б.М. Миркина. Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 208 с.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Янтурин Сафаргали Искандарович , доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: ecologiasibgu@mail.ru .	Yanturin Safargali Iskandarovich , doctor of biological sciences, professor, senior researcher of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: ecologiasibgu@mail.ru .
Хисаметдинова Алсу Юсуповна , старший преподаватель кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: hisamay@mail.ru .	Khisametdinova Alsyu Yusupovna , senior lecturer of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: hisamay@mail.ru .
Бускунова Гульсина Гильмановна , кандидат биологических наук, доцент кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: gulsina_busk@mail.ru .	Buskunova Gulsina Gilmanovna , candidate of biological sciences, associate professor of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Bashkir State University (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: gulsina_busk@mail.ru .

Для цитирования:

Янтурин С.И., Хисаметдинова А.Ю., Бускунова Г.Г. Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 2. С. 131–135. DOI: 10.17816/snv2021102120.