

РАЗДЕЛ III

ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ

[ECOLOGY. BIODIVERSITY]

УДК: 592

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-1-59-66

Ч.Н. КУЖУГЕТ

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

ВОДНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ КАК ИНДИКАТОРЫ ЧИСТОТЫ ВОДОЁМОВ БАСЕЙНА РЕКИ АК-ХЕМ НА КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

В результате мониторинговых работ по бассейну р. Ак-Хем было собрано 2973 экз. водных беспозвоночных из 24 семейств, относящихся к 7-ми отрядам, из них 15 семейств относятся к отрядам Plecoptera (Веснянки), Ephemeroptera (Подёнки), Trichoptera (Ручейники), в которых обнаружен 21 вид реофильных амфибиотических насекомых. Они встречаются наиболее часто и массово и служат основными индикаторами загрязнения водных объектов. В результате работы с использованием индекса Вудивисса для оценки сапробности воды, выявлены основные индикаторные группы организмов, реагирующие на загрязнённые участки реки.

Ключевые слова: водные беспозвоночные, Plecoptera (Веснянки), Ephemeroptera (Подёнки), Trichoptera (Ручейники), Diptera (Двукрылые), точки сбора, степень загрязнения воды.

Рис. 4. Табл. 1. Библ. 6 назв. С. 59–66.

Ch.N. KUZHUGET

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia) **WATER INVERTEBRATES AS INDICATORS OF WATER PURITY IN THE AK-KHEM RIVER BASIN IN THE KYZYL-TASHTYG POLYMETAL ORE FIELD**

2973 specimens of water invertebrates from 24 families were collected in the result of monitoring work in the Ak-Khem River basin. These 24 families belong to 7 orders including 15 families belonging to the orders of Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, in which 21 species of rheophilic amphibious insects were found. They are found most frequently and massively, and serve as the main indicators of water pollution. The main indicator groups of organisms that respond to river pollution were found using the Woodiwiss index to assess water saprobicity.

Keywords: water invertebrates, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, collection points, water pollution degree.

Figures 4. Table 1. References 6. P. 59–66.

Водные беспозвоночные широко используются для определения уровня органического загрязнения (сапробности) водоёмов. Все водоёмы, в т. ч. и реки выполняют на Земле роль глобальной системы канализации (нагрузка на которую резко усиливается в результате деятельности человека) (Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С., 2011).

Река Ак-Хем берёт начало из горного ледникового озера, расположенного на высоте 1962,0 м н. у. м., её длина составляет 22 км, течёт она с юго-запада на северо-восток, где сливается с р. О-Хем, которая впадает в р. Большой Енисей.

Промышленные сточные воды горнодобывающего комбината Кызыл-Таштыгского месторождения полиметаллических руд оказывают существенное влияние на состояние природной среды. В связи с непрерывным и значительным увеличением объёма продукции горного производства, количество сточных вод шахты и карьера обогатительной фабрики постоянно возрастает.

Основные руды Кызыл-Таштыгского месторождения представлены галенитом (PbS), сфалеритом (ZnS), халькопиритом (CuFeS₂), пиритом (FeS₂), которые при окислении способствуют обогащению поверхностных вод рудообразующими тяжёлыми металлами. Установлено превышение тяжёлыми металлами предельно-допустимых значений для рыбохозяйственных водоёмов и питьевых вод. Шлейф загрязнения поверхностных вод прослеживается на расстояние более 120 км вниз по р. Б. Енисей (Кальная, Аюнова, 2018). Наибольшую антропогенную нагрузку получает р. Ак-Хем. Основными загрязнителями являются взвешенные породные частицы, которые, попадая в водные объекты, вместе со сточной водой уменьшают прозрачность воды, заливают дно и берега, приводят к нарушению в них биологического равновесия. Как следствие, постепенно вымирает рыба и всё животное население водоёмов.

Среди водных беспозвоночных веснянки, подёнки и ручейники довольно мало-заметные насекомые с наземными имаго и водными личинками. Имаго одних видов веснянок коротко живущие, как у подёнок, другие живут по 2–3 месяца, питаются в основном околородным детритом и гифами плесневых грибов. Вылет имаго из водоёмов у многих видов происходит ранней весной. Часть видов хищники, другие, как и подёнки, питаются водорослями и детритом. Личинки ручейников в подавляющем большинстве случаев пресноводные, редко наземные. Взрослые ручейники, как правило, способны к полёту и живут в воздушной среде. Роль ручейников, веснянок и подёнок в пресноводных биоценозах весьма велика. Их личинки служат существенным компонентом корма рыб, а взрослые участвуют в выносе биомассы из водоёмов и обогащении органическим веществом биоценозов суши (Жильцова, 1997).

В большом отряде двукрылых (Diptera) все имаго — наземные, но многие имеют водных личинок. Личинки двукрылых населяют практически все типы водоёмов. В донных сообществах, особенно на илах, личинки двукрылых (обычно сем. Chironomidae) часто доминируют по обилию и разнообразию (Нарчук и др., 1999).

В настоящее время по водным беспозвоночным Кызыл-Таштыгского месторождения опубликована работа В.В. Зайки (2011). По двукрылым насекомым (сем. Simuliidae) известна работа Л.В. Петрожицкой (2018).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

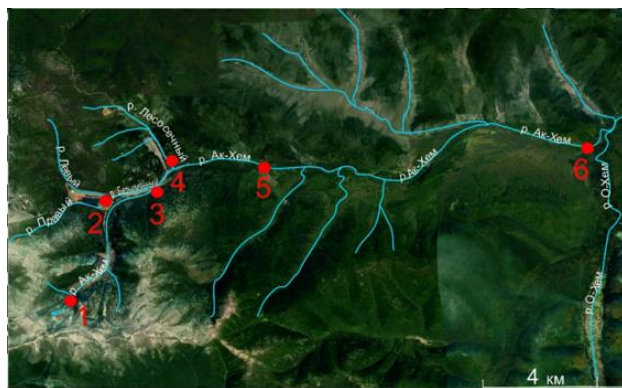


Рисунок 1. Точки отбора проб водных беспозвоночных в бассейне р. Ак-Хем

Всего было собрано 2973 экз. личинок, куколок и имаго водных беспозвоночных из 24 семейств, относящихся к 7-ми отрядам. Отбор проб проводился в мае, июне, сентябре и октябре 2015, 2016, 2017 гг. в бассейне р. Ак-Хем (рис. 1) гидробиологическим скребком со скребущей поверхностью 30 см с водного дна площадью 1 м². В качестве фиксирующей жидкости использовался раствор этилового спирта 70 %. Определение и учёт различных групп организмов проводился под бинокулярным микроскопом МБС-10.

Ниже приводится список характеристик точек сбора водных беспозвоночных с указаниями их физических параметров: b — ширина, h — глубина, v — скорость течения, t — температура.

Точка 1.1 — р. Ак-Хем, водопад в верховье: b — 1,0 м, h — 0,1 м, v — 0,3 м/с, t воды — 0,4°C, t воздуха — 11,5°C, дно каменистое, 27.05.2015; *точка 1.2* — там же: b — 0,5 м, h — 0,1 м, v — 0,4 м/с, t воды — 8,6, t воздуха — 28,0, дно каменистое, 15.07.2015; *точка 1.3* — там же: b — 1,0 м, h — 0,1 м, v — 0,4 м/с, t воды — 0,1°C, дно каменистое, 21.10.2015; *точка 1.4* — там же: b — 1,0 м, h — 0,1 м, v — 0,3 м/с, t воды — 2,6°C, t воздуха — 7,0°C, дно каменисто-суглинистое, 04.09.2016; *точка 1.5* — там же: b — 1,5 м, h — 0,2 м, v — 0,3 м/с, t воды — 2,7°C, t воздуха — 18,4°C, дно каменистое, 06.06.2017; *точка 1.6* — там же: b — 1,0 м, h — 0,1 м, v — 0,2 м/с, t воды — 1,0°C, t воздуха — 10,0°C, дно каменисто-суглинистое, из подо льда, 17.10.2017.

Точка 2.1 — руч. Безымянный у хвостохранилища: b — 10,0 м, h — 0,3 м, v — 0,3 м/с, t воды — 6,6°C, t воздуха — 29,7°C, 15.07.2015; *точка 2.2* — там же, b — 7,0 м, h — 0,3 м, v — 0,5 м/с, t воды — 3,3°C, t воздуха — 4°C, 21.10.2015; *точка 2.3* — там же: b — 7,0 м, h — 0,5 м, v — 0,8 м/с, t воды — 1,0°C, t воздуха — 10,4°C, 30.05.2016; *точка 2.4* — там же: b — 8,0 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 6,1°C, t воздуха — 14,8°C, 04.09.2016; *точка 2.5* — там же: b — 7,0 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 8,0°C, t воздуха — 19°C, дно каменистое с крупными камнями и песком, 06.06.2017.

Точка 3.1 — руч. Безымянный и р. Ак-Хем у слияния: b — 20,0 м, h — 0,5 м, v — 0,5 м/с, t воды — 2,0°C, t воздуха — 11,5°C, 27.05.2015; *точка 3.2* — там же: b — 10,0 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 11,8°C, t воздуха — 30,5°C, 15.07.2015; *точка 3.3* — там же: b — 15,0 м, h — 0,3 м, v — 0,4 м/с, t воды — 1,2°C, 21.10.2015; *точка 3.4* — там же: b — 20 м, h — 0,3 м, v — 0,5 м/с, t воды — 2,6°C, t воздуха — 8,5°C, 30.05.2016; *точка 3.5* — там же: b — 25 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 4,2°C, t воздуха — 7,3°C, 03.09.2016; *точка 3.6* — там же: b — 7,0 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 8,7°C, t воздуха — 22,0°C, 06.06.2017.

Точка 4.1 — руч. Лесосечный у моста: b — 5 м, h — 0,3 м, v — 0,4 м/с, t воды — 6,5°C, t воздуха — 27,0°C, дно каменистое с мхами, 15.07.2015; *точка 4.2* — там же: b — 5 м, h — 0,3 м, v — 0,4 м/с, t воды — 0,8°C, t воздуха — 7,7°C, дно каменистое с мхами, 20.10.2015; *точка 4.3* — там же: b — 4 м, h — 0,3 м, v — 0,4 м/с, t воды — 0,4°C, t воздуха — 5,1°C, 30.05.2016; *точка 4.4* — там же: b — 5 м, h — 0,3 м, v — 0,4 м/с, t воды — 4,2°C, t воздуха — 15,3°C, дно каменисто-суглинистое с мхами, 04.09.2016; *точка 4.5* — там же: b — 4 м, h — 0,3 м, v — 0,3 м/с, t воды — 2,3°C, t воздуха — 21,0°C, дно каменистое среди мхов и водорослей, 06.06.2017; *точка 4.6* — там же: b — 4 м, h — 0,2 м, v — 0,4 м/с, t воды — 1,5°C, t воздуха — 11,3°C, среди мхов и водорослей, 17.10.2017.

Точка 5.1 — р. Ак-Хем, 1-й мост: b — 25,0 м, h — 0,7 м, v — 0,5 м/с, t воды — 1,6°C, t воздуха — 12,5°C, дно каменистое с мхами, 27.05.2015; *точка 5.2* — там же: b — 10,0 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 7,2°C, t воздуха — 25,0°C, дно каменистое с мхами, 16.07.2015; *точка 5.3* — там же: b — 15,0 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 1,0°C, t воздуха — 5°C, дно каменистое с мхами, 21.10.2015; *точка 5.4* — там же, b — 10,0 м, h — 0,4 м, v — 0,7 м/с, t воды — 7,8°C, t воздуха — 27,0°C, дно каменистое с мхами, 31.05.2016; *точка 5.5* — там же:

b — 10,0 м, h — 0,5 м, v — 0,5 м/с, t воды — 6,6°C, t воздуха — 14,5°C, дно каменно-суглинистое, 04.09.2016; *точка 5.6* — там же: b — 8 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 9,1°C, t воздуха — 26,2°C, дно каменистое с мхами, 07.06.2017; *точка 5.7* — там же, b — 7,0 м, h — 0,3 м, v — 0,5 м/с, t воды — 1,6°C, t воздуха — 13,0°C, 17.10.2017.

Точка 6.1 — р. Ак-Хем, нижнее течение, примерно в 1 км до слияния с р. О-Хем, b — 20 м, h — 0,4 м, v — 0,5 м/с, t воды — 9,4°C, t воздуха — 23,0°C, 16.07.2015; *точка 6.2* — там же: b — 30 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 2,6°C, t воздуха — 5,6°C, 21.10.2015; *точка 6.3* — там же: b — 25 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 9,0°C, t воздуха — 27,8°C, 31.05.2016; *точка 6.4* — там же: b — 20 м, h — 0,5 м, v — 0,5 м/с, t воды — 8,4°C, t воздуха — 14°C, 04.09.2016; *точка 6.5* — там же: b — 18 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 11,7°C, t воздуха — 27,3°C, 07.06.2017; *точка 6.6* — там же, b — 20 м, h — 0,4 м, v — 0,4 м/с, t воды — 2,1°C, t воздуха — 14°C, 17.10.2017.

Всего, обнаружены 24 семейства из 7 отрядов, из них 15 семейств относится к отрядам Плескоптера (Веснянки), Ephemeroptera (Подёнки), Trichoptera (Ручейники), к которым относится 21 вид реофильных амфибиотических насекомых. Как видно из *таблицы 1*, из них самыми распространёнными являются виды *Arcynopteryx dichroa*, *Ameletus sp.* и *Rhithrogena cava*, которые встречаются во всех обследованных точках. Двукрылые насекомые представлены 6 семействами, самым распространённым из которых является сем. Chironomidae (Комары-Звонцы).

Наиболее богаты по биоразнообразию нижнее течение р. Ак-Хем (точка 6), руч. Лесосечный (точка 4), руч. Безымянный и р. Ак-Хем (точка 3).

Самыми богатыми пробами по численности населения из всех обследованных участков реки являются: точка 4 (руч. Лесосечный — 810 экз.), точка 6 (нижнее течение р. Ак-Хем — 686 экз.) и точка 1 (верхнее течение р. Ак-Хем — 553 экз.). С самой низкой численностью населения является точка 5 (р. Ак-Хем, 1-й мост), где были встречены только единичные экземпляры веснянок. Это среднее течение реки, которая находится в большей степени под воздействием деятельности горно-обогатительного комбината (*рис. 2*). Из всех водных беспозвоночных по численности преобладают *Arcynopteryx dichroa* (682 экз. или 23%), сем. Chironomidae (526 экз. или 17,7%), *Baetis bicaudatus* (438 экз. или 14,7%), *Rhithrogena cava* (328 экз. или 11%), *Nemoura arctica* (280 экз. или 9,4% от общего числа). Остальные семейства и виды занимают менее 3,7% каждый.

Таким образом, самыми массовыми и распространёнными из всех водных беспозвоночных исследованных водоёмов являются *Arcynopteryx dichroa* и виды сем. Chironomidae (Diptera).

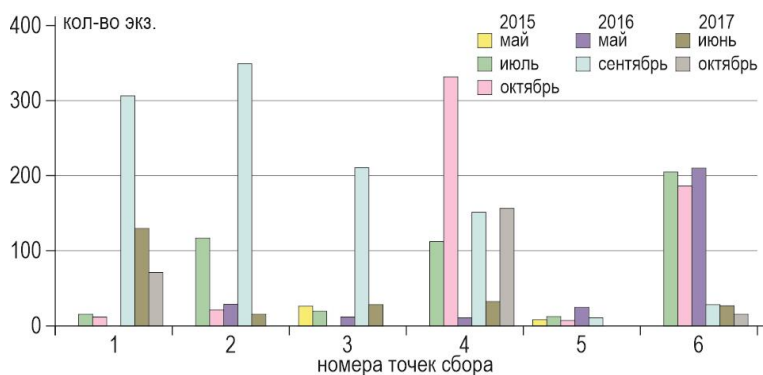


Рисунок 2. Распределение численности водных беспозвоночных по точкам сбора в бассейне р. Ак-Хем в разные годы

Таблица 1. Распределение семейств и видов водных беспозвоночных по точкам сбора в бассейне р. Ак-Хем

Отряд	Семейство и вид	Точки сбора водных беспозвоночных						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Plecoptera	Сем. Capniidae <i>Capnia atra</i> Morton, 1896	+	+	+				3
	Сем. Chloroperlidae <i>Alascoperla longidentata</i> (Rauser, 1965)			+		+	+	3
	<i>Suwallia telescojensis</i> (Samal, 1939)			+	+		+	3
	Сем. Nemouridae <i>Nemoura arctica</i> Esben-Petersen, 1910	+	+	+		+	+	5
	Сем. Perlodidae <i>Arcynopteryx dichroa</i> McLachlan, 1872	+	+	+	+	+	+	6
	<i>Isoperla altaica</i> Šámal, 1939		+				+	2
	<i>Isoperla lunigera</i> (Klapalek, 1923)						+	1
	<i>Megaracys ochracea</i> Klapalek, 1912						+	1
Сем. Taeniopterigidae <i>Taenionema japonicum</i> (Okamoto, 1922)						+	1	
Ephemeroptera	Сем. Ameletidae <i>Ameletus sp.</i>	+	+	+	+	+	+	6
	Сем. Beatidae <i>Baetis bicaudatus</i> Dodds, 1923	+	+	+	+			4
	<i>Baetis sp.</i>		+				+	2
	Сем. Ephemerellidae <i>Ephemerella triacantha</i> Tshernova, 1949						+	1
	Сем. Heptageniidae <i>Rhithrogena cava</i> Ulmer, 1927	+	+	+	+	+	+	6
Trichoptera	Сем. Apataniidae <i>Apatania crymophila</i> McLachlan, 1880				+			1
	Сем. Brachycentridae <i>Brachycentrus americanus</i> Banks, 1899						+	1
	Сем. Goeridae <i>Archithremma ulachensis</i> Martynov, 1935				+			1
	Сем. Limnephilidae <i>Chaetopteryx sahlbergi</i> MacLachlan, 1876			+	+	+		3
	<i>Stenophylax lateralis</i> (Stephens, 1837)				+			1
	Сем. Rhyacophilidae <i>Rhyacophila sibirica</i> MacLachlan, 1879	+		+			+	3
	Сем. Stenopsychidae <i>Stenopsyche marmorata</i> Navas, 1920				+			1
Diptera	Сем. Chironomidae	+	+	+	+	+	+	6
	Сем. Limoniidae		+	+	+	+		4
	Сем. Muscidae			+				1
	Сем. Psychodidae				+			1
	Сем. Simuliidae		+	+	+			3
	Сем. Tipulidae		+	+	+	+	+	5
Coleoptera	Сем. Dytiscidae						+	1
Trombidiformes	Сем. Hydrachnidae				+		+	2
Seriata	Сем. Planariidae		+	+			+	3
Всего		8	13	16	16	9	19	81

БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ Р. АК-ХЕМ С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА ВУДИВИССА. Для оценки загрязнения водоёмов был использован метод биотического индекса Вудивисса. Метод основан на уменьшении разнообразия фауны и характерном изменении состава макробентоса при увеличении загрязнения (сапробности). Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в водоёме организмов, принадлежащих к

индикаторным группам. Наиболее чувствительные к загрязнению индикаторные группы по Вудивиссу — это веснянки, затем подёнки, ручейники и т. д.

Значения индекса Вудивисса изменяется от 0 (наиболее загрязнённая вода) до 10 (вода высшего качества) (Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С., 2011).

В верховье р. Ак-Хем (точка 1), было выявлено меньшее количество водных беспозвоночных, и поэтому степень его загрязнения характеризуется как олигосапробная, т. е. это чистый водоток.

Ниже приводится степень загрязнения по точкам отбора проб в реках.

2015 г.: точка 2.1 — 8 баллов (олигосапробная); 2.2 — 8 баллов (олигосапробная); 3.1 — 7 баллов (бета-мезосапробная); 3.2 — 8 баллов (олигосапробная); 3.3 — 5 баллов (альфа-мезосапробная); 4.1 — 8 баллов (олигосапробная); 4.2 — 7 баллов (бета-мезосапробная); 5.1 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 5.2 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 5.3 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 6.1 — 8 баллов (олигосапробная); 6.2 — 8 баллов (олигосапробная).

2016 г.: точка 2.3 — 8 баллов (олигосапробная); 2.4 — 8 баллов (олигосапробная); 3.4 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 3.5 — 8 баллов (олигосапробная); 4.3 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 4.4 — 7 баллов (бета-мезосапробная); 5.4 — 8 баллов (олигосапробная); 5.5 — 7 баллов (бета-мезосапробная); 6.3 — 8 баллов (олигосапробная); 6.4 — 8 баллов (олигосапробная).

2017 г.: точка 2.5 — 8 баллов (олигосапробная); 3.6 — 8 баллов (олигосапробная); 4.5 — 7 баллов (бета-мезосапробная); 4.6 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 5.6 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 5.7 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 6.5 — 6 баллов (бета-мезосапробная); 6.6 — 6 баллов (бета-мезосапробная).

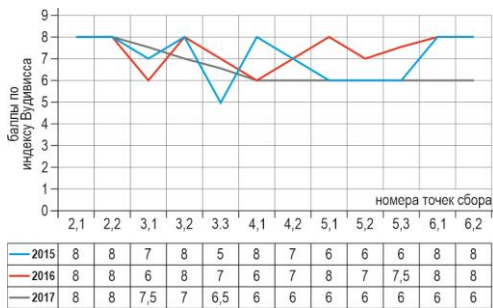


Рисунок 3. График сапробности в бассейне р. Ак-Хем

мезосапробного (5 баллов) — средняя степень загрязнения. Это связано, скорее всего, с загрязнением реки горно-обогатительным комбинатом (рис. 3).

При ранжировании загрязнённых участков основными индикаторами являются самые распространённые группы организмов *Arcynopteryx dichroa*, *Ameletus sp.*, *Rhithrogena cava* и сем. Chironomidae, которые встречаются почти во всех обследованных точках. Их встреча в единичном количестве или вообще отсутствие свидетельствует о сильном загрязнении этого участка, что наблюдается в среднем течении р. Ак-Хем (точка 5), т. е. эти организмы наиболее резко реагируют на загрязнение воды.

Итак, наиболее чистым участком реки является нижнее течение р. Ак-Хем в 2015 и 2016 гг., где помимо всех остальных групп водных беспозвоночных животных обнаружены ещё и пресноводные планарии (сем. Planariidae), которые выступают в качестве показателей чистоты водоёмов. Однако, в результате деятельности горно-обогатительного комбината, в 2017 г. состояние нижнего течения р. Ак-Хем ухудшилось, и степень загрязнения характеризуется как бета-мезосапробная (6 баллов) — незначительное загрязнение реки (рис. 4).

Таким образом, в целом в бассейне р. Ак-Хем степень загрязнения по индексу Вудивисса характеризуется как олигосапробная (8 баллов) — чистые реки, только в некоторых точках в пределах горно-обогатительного комбината степень загрязнения характеризуется как бета-мезосапробная (6 баллов) — незначительное загрязнение реки. В руч. Безымянном у слияния с р. Ак-Хем в 2015 г. состояние водоёма ухудшилось до альфа-



Рисунок 4. Нижнее течение р. Ак-Хем, около 3-х км до слияния с р. О-Хем
(слева фото 2015 г., справа — 2017 г.)

ЛИТЕРАТУРА

- Жильцова Л.А. Веснянки (Plecoptera): Определитель пресноводных беспозвоночных России. Т. 3. – СПб.: ЗИН РАН, 1997. – 440 с.
- Заика В.В. Мониторинг биоты водотоков Кызыл-Таштыгского месторождения свинцово-цинковых руд (Восточная Тува) // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф., засл. деятеля науки РФ Б.Г. Иоганзена и 80-летию со дня основания кафедры ихтиологии и гидробиологии (19–21.04.2011, Томск) / Отв. ред. В.И. Романов. – Томск: ТГУ, 2011. – С. 58–60.
- Кальная О.И., Аюнова О.Д. Влияние Кызыл-Таштыгского ГОКА на эколого-гидрохимическое состояние рек бассейна Большого Енисея // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы III Всерос. науч. конф. с междунар. участием (20–25.08.2018, Чита). – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2018. – С. 350–353.
- Нарчук Э.П., Глухова В.М., Макаrenchенко Е.А., Ланцов В.И. и др. Двукрылые: Определитель пресноводных беспозвоночных России. Т. 4. – СПб.: ЗИН РАН. 1999. – 998 с.
- Петрожицкая Л.В. Влияние разработки рудного месторождения на структуру сообществ мошек в горной реке северо-восточной Тувы // Евразийский энтомологический журн. – 2018. – Т. 17, вып. 5. – С. 328–336.
- Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. 4-е изд., испр. и доп. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 219 с.

REFERENCES

- Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. *Kratkij opredelitel bespozvonochnykh presnykh vod centra Evropejskoj Rossii* [A brief guide to invertebrate fresh waters in the center of European Russia]: 4th edition, revised and enlarged. Moscow, KMK Association of Scientific Publ., 2011. 219 p. (In Russ.)
- Kalnaya O.I., Ayunova O.D. Vliyanie Kyzyl-Tashtygskogo GOKA na ekologo-gidrokhimicheskoe sostoyanie rek bassejna Bolshogo Eniseya [The influence of the Kyzyl-Tashtyg GOK on the ecological-hydrochemical state of the rivers of the Bolshoi Yenisei basin]. *Geologicheskaya evolyuciya vzaimodejstvie vody s gornymi porodami* [Geological evolution interaction of water with rocks]: Proceedings of the III All-Russian Scientific Conf. with intern. participation (August 20–25.2018, Chita). Ulan-Ude, Buryat Scientific Center of the SB RAS, 2018, pp. 350–353. (In Russ.)
- Narchuc E.P., Glukhova V.M., Makarchenko E.A., Lancov V.I. *Dvukrylye* [Diptera]: Determinant for freshwater invertebrates in Russia. Vol. 4. St. Petersburg, Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences Publ., 1999, 998 p. (In Russ.)

- Petrozhitskaya L.V. Vliyanie razrabotki rudnogo mestorozhdeniya na strukturu soobshestv moshek v gornoj reke severo-vostochnoj Tuvy [Influence of the development of an ore deposit on the structure of midge communities in a mountain river of northeastern Tuva]. *Evrazijskiy entomologicheskiy zhurnal = Eurasian Entomological Journal*, 2018, vol. 17, no. 5, pp. 328–336. (In Russ.)
- Zaika V.V. Monitoring bioty vodotokov Kyzyl-Tashtygskogo mestorozhdeniya svincovo-cinkovykh rud (Vostochnaya Tuva) [Monitoring of water biota of the Kyzyl-Tashtyg deposit of lead-zinc ores (Eastern Tuva)]. *Vodnyye ekosistemy Sibiri i perspektivy ikh ispol'zovaniya* [Water ecosystems of Siberia and prospects for their use]: Proceedings of the All-Russian Conf. with intern. participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor, Honored Scientist of the Russian Federation B.G. Ioganzen and the 80th anniversary of the founding of the Department of Ichthyology and Hydrobiology (April 19–21, 2011, Tomsk) / ed. by. V.I. Romanov. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2011, pp. 58–60. (In Russ.)
- Zhil'tsova L.A. *Vesnyanki (Plecoptera)* [Stoneflies (Plecoptera)]: Determinant for freshwater invertebrates of Russia. Vol. 3. St. Petersburg, Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences Publ., 1997, 440 p. (In Russ.)