

## ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 574.5, 571.121

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.003

### СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ВОДОЕМОВ БАСЕЙНА РЕКИ НАДЫМ

**Красненко Александр Сергеевич<sup>1</sup>, Печкин Александр Сергеевич<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия

<sup>1</sup>aleks-krasnko@yandex.ru

<sup>2</sup>a.pechkin.ncia@gmail.com

**Аннотация.** В работе рассматривается сравнение видовых составов водоемов и водотоков, бассейна реки Надым на территории Ямало-Ненецкого автономного округа за период с 2016 по 2021 год. Были проведены сравнения фаун термокарстовых озер, старичных водоемов, а также крупных и малых рек. Больших изменений в таксономических списках макрозообентоса зафиксировано не было, что говорит о стабильной ситуации на изучаемых водоемах. **Ключевые слова:** гидробиология, качество вод, поверхностные воды, Арктика, макрозообентос.

**Цитирование:** Красненко А.С., Печкин А.С. Структура и динамика донных беспозвоночных водоемов бассейна реки Надым // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (116). № 3. С. 62-77. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.004

Original article

## STRUCTURE AND DYNAMICS OF BOTTOM INVERTEBRATE RESERVOIRS OF THE NADYM RIVER BASIN

*Alexander S. Krasnenko<sup>1</sup>, Alexander S. Pechkin<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>*Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

<sup>1</sup>*aleks-krasnrenko@yandex.ru*

<sup>2</sup>*a.pechkin.ncia@gmail.com*

**Abstract.** The paper considers a comparison of species compositions of reservoirs and watercourses, the Nadym River basin on the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug for the period from 2016 to 2021. The faunas of thermokarst lakes, ancient reservoirs, as well as large and small rivers were compared. No major changes were recorded in the taxonomic lists of macrozoobenthos, which indicates a stable situation in the studied reservoirs.

**Keywords:** hydrobiology, water quality, surface waters, Arctic, macrozoobenthos.

**Citation:** A.S Krasnenko, A.S. Pechkin. Structure and dynamics of bottom invertebrate reservoirs of the Nadym River basin // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (116). № 3. P. 62-77. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.004

### *Введение*

Изменение климата – масштабная проблема, понимание которой требует привлечения широкого спектра подходов и методов, включая инструментальные наблюдения, получение и анализ разнообразных прокси-данных, ретроспективное и прогнозное моделирование. С одной стороны, данная проблема носит глобальный характер, о чем свидетельствуют доклады МГЭИК – Межправительственной группы экспертов по изменению климата [1], [2]. С другой стороны, глобальные изменения климата имеют региональную специфику, исходя из чего рассуждать о них абстрактно, без территориальной привязки не вполне корректно. Более конструктивным представляется поиск и идентификация проявлений и индикаторов климатических изменений в конкретных ландшафтных обстановках.

Арктика – один из четырех регионов мира, отнесенных МГЭИК к наиболее уязвимым к изменениям климата [3]. В Арктике за последние

десятилетия температура воздуха увеличилась примерно вдвое больше, чем в среднем по всей Земле. Так, на севере Западной Сибири тренд повышения среднегодовой температуры воздуха по разным данным составляет 0,03-0,04 °C в год [4], [5]. Повышение температуры приводит к возрастанию темпов береговой эрозии, деградации вечной мерзлоты, уменьшению размеров ледников в Арктическом регионе, изменению условий циркуляции атмосферы и усилению циклонической деятельности, погодным аномалиям, проблемам миграции оленей, жизни белых медведей, моржей и др. [6], [7].

Донные беспозвоночные животные играют важную роль в процессах трансформации веществ и энергии как внутри водных экосистем, так и между ними и наземными экосистемами.

Сообщества зообентоса являются удобным объектом для наблюдений за климатическими и антропогенными изменениями, динамикой процессов самоочищения и эволюцией водных экосистем. Донное население различных типов водоемов и водотоков относительно постоянно, пока находится в условиях, в которых оно сформировано. Соответственно при изменении климатических условий донные сообщества не могут не отреагировать изменением, как видового состава, так и колебаниями численности.

Видовой состав и характеристики сообществ донных беспозвоночных служат хорошими, а в ряде случаев единственными гидробиологическими показателями хронического загрязнения грунта и придонного слоя воды и широко применяются в различных системах биоиндикации и гидробиологического мониторинга за состоянием водных экосистем. [8, 9]

### *Объекты и методы исследования*

Работы проводились на территории Надымского района в течение пяти лет с 2016 по 2021 год. Пробы отбирались на основных водных объектах как находящихся в зоне антропогенного пресса, так и на условно «фоновых» территориях для формирования более полной картины экологического состояния водоемов Надымского района (рис. 1). Водоемы условно подразделялись на три основные группы: термокарстовые озера, старичные озера, а также водотоки (река Надым и ее притоки).

**Река Надым** расположена в Ямало-Ненецком автономном округе и впадает в южную часть Обской губы Карского моря. Длина реки составляет 545 км, площадь бассейна 64 тыс. км<sup>2</sup>. Исток реки Надым расположен на возвышенности Сибирские Увалы в озере Нумто. Крупные правобережные притоки: р. Танловая (238 км), р. Правая Хетта (237 км), р. Большой Ярудей (190 км). Крупные левобережные притоки: р. Левая Хетта (357 км), р. Хейгияха (Лонг-Еган) (243 км), р. Ярудей (257 км).

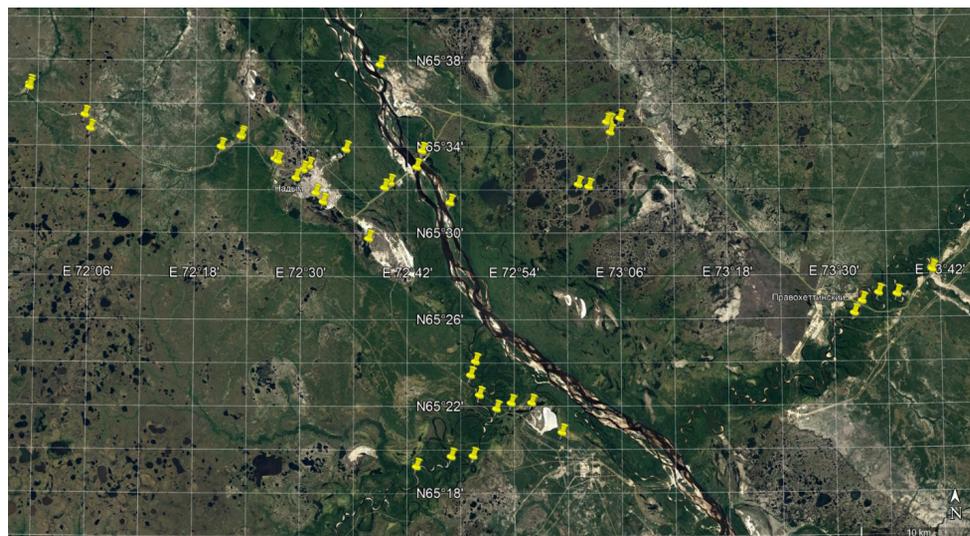


Рис. 1. Схема точек отбора проб с 2016 по 2021 гг.

**Река Лонгъеган (Хейгеяха)** находится на западе центральной части Надымского района, впадает в реку Надым слева по ходу течения в 25 км юго-восточнее г. Надыма. Образуется слиянием рек Большой Лонгъеган и малый Лонгъеган. Длина реки составляет 243 км (с учетом реки Б. Лонгъеган — 350 км), площадь водосбора 7910 км.

**Правая Хетга** является правым притоком реки Надым (153 км). Свое начало берет из малых озёр на водоразделе реки Ныда (бассейн Обской губы) и реки Ямсавай (бассейн реки Пур), в наивысшей части Ненецкой возвышенности. Общая длина составляет 237 км, площадь водосбора около 4760 км<sup>2</sup>. Имеет множество притоков (17 крупных).

Малые реки **Яхой-яха, Нгарка-Вэлояха, Нгарка-Пыряяха, Пензерьяха** и множество ручьев, создающих разветвленную гидрографическую сеть. Данные водотоки связывают озера между собой, формируя промывной режим озер. Скорость течения и глубины крайне незначительны.

### Озера

Большинство изучаемых водных объектов представлены мелкими до 1 км<sup>2</sup> озерами (около 40%) с небольшой глубиной (до 1 м) в летний период и промерзающими до дна зимой. Дно представлено в основном торфянистыми отложениями либо толстым слоем илистых отложений и 5 сравнительно крупных термокарстовых озер (до 10 км<sup>2</sup>) средние глубины водоемов около 2 м, максимальные глубины в ряде случаев достигают 2,5 — 3 м.

Старичные озера представлены старицами бассейна рек Надым и Лонгъеган в большей степени данные водоемы мелководные с средней глубиной 1,5 — 3 м и максимальной до 15 м (таб. 1).

Таблица 1. Координаты мест отбора проб с 2016 по 2021 гг.

Тип	№ п/п	Название	Координаты	
			начало участка	конец участка
Реки	1	Надым	65°31'3.94"C 72°46'32.99"B	65°37'28.88"C 72°38'36.25"B
	2	Лонгеган	65°19'21.06"C 72°46'41.03"B	65°23'43.45"C 72°49'23.59"B
	3	Правая Хетта	65°26'44.77"C 73°36'50.32"B	65°25'53.17"C 73°31'59.93"B
	4	Яхой-яха	65°33'5.86"C 72°26'45.06"B	65°33'0.01"C 72°27'6.40"B
	5	Нгарка-Взляяха	65°46'1.36"C 71°37'17.44"B	65°46'21.58"C 71°37'4.09"B
	6	Нгарка-Пыряяха	65°33'39.28"C 72°20'40.28"B	65°34'12.72"C 72°22'58.70"B
	7	Пензерьяха	65°36'22.95"C 71°58'47.04"B	65°36'31.62"C 71°58'48.65"B
	8	Ручей 1	65°27'55.62"C 73°40'47.88"B	65°27'51.81"C 73°40'51.44"B
Озера	9	Янтарное-1	65°31'31.52"C 72°31'23.11"B	
	10	Янтарное-2	65°31'6.16"C 72°32'13.73"B	
	11	Янтарное-3	65°29'24.27"C 72°37'22.97"B	
	12	Голубое	65°20'27.22"C 72°59'3.71"B	
	13	Карасёвое	65°32'13.02"C 72°29'8.67"B	
	14	Лебязье	65°32'46.64"C 72°30'37.20"B	
	15	Безымянное 1	65°21'49.26"C 72°55'40.16"B	
	16	Безымянное 2	65°35'6.35"C 72° 5'10.29"B	
	17	Безымянное 3	65°34'28.29"C 72° 5'48.90"B	
	18	Безымянное 4	65°32'35.54"C 72°29'57.97"B	
	19	Безымянное 5	65°34'58.89"C 73° 5'46.88"B	
	20	Безымянное 6	65°34'51.10"C 73° 4'30.53"B	
	21	Безымянное 7	65°34'49.18"C 73° 4'37.67"B	
	22	Безымянное 8	65°34'48.09"C 73° 4'16.07"B	
	23	Безымянное 9	65°34'19.61"C 73° 4'40.89"B	
	24	Безымянное 10	65°31'47.77"C 73° 2'12.42"B	
	25	Безымянное 11	65°31'54.25"C 73° 1'1.93"B	
Старицы	26	Безымянная 1	65°31'46.08"C 72°39'9.09"B	
	27	Безымянная 2	65°31'59.46"C 72°39'47.58"B	
	28	Безымянная 3	65°33'32.49"C 72°34'46.66"B	
	29	Безымянная 4	65°21'32.65"C 72°51'44.69"B	
	30	Безымянная 5	65°21'48.48"C 72°53'23.48"B	

Бентосные пробы собирали в преобладающих биотопах. На мягких грунтах использовали дночерпатель Петерсена, на песках и в зарослях – сачок-промывалку с капроновым газом № 23 (размер ячеек 350 мкм), фиксировали 95% этанолом. Камеральная обработка проведена стандартными методами [10, 11] с использованием микроскопов МБС-10 ЛОМО с фотонасадками. Организмы определены Красненко А.С., таксономическую идентификацию зообентоса проводили с использованием общепринятых определителей.

Для сравнения видовых составов обследованных водоёмов использовался коэффициент Жаккара в модификации Л.И. Малышева ( $K_{j-m}$ ):

$$K_{j-m} = \frac{3c - (a + b)}{(a + b) - c}$$

где,  $a$  – число видов в одном водоеме;  $b$  – число видов в другом водоеме;  $c$  – число видов, общих для двух водоемов. Пределы  $K_{j-m}$  от + 1 до – 1, при  $K_{j-m} < 0$  отмечается различие, а при  $K_{j-m} > 0$  – сходство родовых и видовых составов сравниваемых водоемов.

Для сравнения фаун применялся индекс общности фаун Чекановского – Соренсена ( $I_{cs}$ ):

$$I_{cs} = \frac{2n}{N_1 + N_2} \cdot 100$$

где,  $n$  – количество видов, общих для обоих сравниваемых водоёмов;  $N_1 + N_2$  – общее количество видов в первом и втором сравниваемых водоёмах. Индекс общности фаун Чекановского – Соренсена выражается в процентах и показывает количество видов общих для двух водоёмов.

### *Результаты и обсуждение*

Собранный материал за период 2016 – 2021 год показал некоторые особенности функционирования водных экосистем в граничной зоне северной тайги и лесотундры. Видовые составы и экологическое состояние водных объектов нами были рассмотрены ранее в ряде публикаций [12 – 26].

Анализ сходства видовых составов гидробионтов из обследованных водоемов с применением коэффициента сходства видовых составов Жаккара-Малышева и индекса общности фаун Чекановского-Соренсена, показал, что в большинстве сравниваемых пар наблюдается сходство видовых составов (таб. 2).

Таблица 2. Сравнение видовых составов макрозообентоса бассейна реки Надым

год		$K_{j-m}$					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
$I_{cs}$ в %	2016	-	0,86	0,95	-0,39	-0,38	-0,4
	2017	96,4	-	0,81	0,51	0,25	-0,22
	2018	98,8	95,2	-	0,56	0,08	-0,18
	2019	46,7	86,0	87,9	-	0,4	-0,22
	2020	53,3	76,9	78,9	93,3	-	0,11
	2021	32,8	56,3	58,1	56,3	71,4	-

Наибольшее различие наблюдается в парах 2016 и 2019 – 2021 гг., что возможно связано с увеличением количества изучаемых водных объектов и соответственно объема выборки.

Многие участки наблюдений подвержены антропогенному воздействию (дороги, путепроводы, участки газопроводов), что также оказывает влияние на видовой состав и численность макрозообентоса. Все исследованные водоемы подвержены в той или иной степени избытком не переработанной органики, что наиболее заметно в зимний период.

Старичные озера и заболоченные котловины в окрестностях г. Надыма и мониторинговой площадки «Надымский» в большей части сильно эвтрофицированы и относятся к полисапробным водоемам.

Наибольшие различия в термокарстовых озерах наблюдаются в парах 2016 – 2020, 2021 годы. Данный факт вероятнее всего может быть связан с температурным фактором (в 2020 и 2021 годы средняя температура воздуха летом была ниже на 4°C ниже, чем в 2016 году). Более высокая степень прогревания воды на мелководьях и соответственно повышенная активность некоторых беспозвоночных (были зарегистрированы несколько видов брюхоногих моллюсков). Так и с усилением антропогенной нагрузки на ряд водоемов. (таб. 3)

Таблица 3. Сравнение видовых составов макрозообентоса термокарстовых озер бассейна реки Надым

год		К j-m					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ics в %	2016	-	0,59	0,57	0,13	-0,01	-0,11
	2017	88,4	-	0,52	0,03	-0,17	-0,11
	2018	87,8	86,4	-	0,4	0,27	-0,06
	2019	72,0	67,9	82,4	-	0,14	0,76
	2020	62,5	58,8	77,6	72,4	-	0,43
	2021	61,5	61,8	64,2	93,5	83,3	-

Сходная ситуация наблюдается при сравнении фаун старичных водоемов (таб. 4), за исключением пары 2016 - 2017 гг. так как это связано с увеличением количества проб и добавлением четырех новых водоемов как объекта исследования. Различие в паре 2016 - 2021 год, также может объясняться более высокой степенью прогревания воды на мелководьях и соответственно повышенной активностью некоторых беспозвоночных. А также изменением количества воды в старицах (крупный разлив реки Надым в 2017 году).

Таблица 4. Сравнение видовых составов макрозообентоса стариц бассейна реки Надым

год		К j-m					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ics в %	2016	-	-0,02	0,67	0,44	0,02	-0,07
	2017	65,6	-	0,33	0,32	0,69	0,56
	2018	90,9	80,0	-	0,41	0,59	0,58
	2019	83,8	79,4	82,9	-	0,54	0,35
	2020	67,7	91,5	88,2	86,9	-	0,74
	2021	63,5	87,7	88,1	80,6	93,1	-

При сравнении видовых составов водотоков на территории исследования (таб. 5) больших отклонений выявлено не было, что говорит о том, что сезонные внешние факторы (температура воздуха и т.д.) на биоту оказывают незначительное влияние и изменение таксономического состава за данный период не происходит.

Таблица 5. Сравнение видовых составов макрозообентоса водотоков бассейна реки Надым

год		К j-m					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ics в %	2016	-	0,86	0,85	0,04	0,03	0,18
	2017	96,3	-	0,47	0	0,24	0,13
	2018	96,0	84,6	-	-0,04	0,2	0,09
	2019	68,4	66,7	64,9	-	0,33	0,13
	2020	78,8	76,5	75,0	80,0	-	0,36
	2021	74,3	72,2	70,6	72,3	80,9	-

### Заключение

Сравнительный анализ структуры фаун водоемов бассейна реки Надым показал следующее:

1. Таксономические списки макрозообентоса за период 2016 – 2021 гг. практически не изменились.

2. Некоторые незначительные отличия наблюдаются в термокарстовых озерах в парах 2016 – 2020 и 2016 – 2021 годы. Данное явление может объясняться более высокой степенью прогревания мелководных водоемов в 2016 году и соответственно высокой активностью ряда беспозвоночных в этот период (были зарегистрированы несколько видов брюхоногих моллюсков).

3. Сходная ситуация наблюдается и при сравнении старичных водоемов, особенно мелководных. Отличия в парах 2016 – 2017 гг. может быть связано с изменением объема выборки. А также с изменением количества воды в старицах (крупный разлив реки Надым в 2017 году).

4. При сравнении видовых составов в больших и малых реках на территории исследования значительных отклонений выявлено не было, что говорит о том, что сезонные внешние факторы (температура воздуха и т.д.) на биоту оказывают незначительное влияние и изменение таксономического состава за данный период не происходит.

5. Значительных изменений в таксономических составах беспозвоночных водоемов бассейна реки Надым зафиксировано не было, что говорит о стабильной экологической ситуации на изучаемых водоемах.

6. За период наблюдений в водоемах бассейна реки Надым был зарегистрирован ряд беспозвоночных, характерных для средней тайги, и ранее в видовых списках лесотундровой зоны не встречающихся. Данный факт может говорить о возможных смещениях популяционных границ на север в связи с климатическими колебаниями.

### *Список источников*

1. IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. – 1535 p.
2. IPCC: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. – 151 p.
3. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 2 (6). – С. 66-78.
4. Москаленко Н.Г. Изменения криогенных ландшафтов северной тайги Западной Сибири в условиях меняющегося климата и техногенеза // Криосфера Земли. – 2012. – т. XVI. – № 2. – С. 38-42.
5. Московченко Д.В., Арефьев С.П., Глазунов В.А., Тигеев А.А. Изменение состояния растительности и геокриологических условий Тазовского полуострова (восточная часть) за период 1988-2016 гг. // Криосфера Земли. – 2017. – т. XXI. – № 6. – С. 3-13
6. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую

- перспективу, под ред. В.М. Катцова и Б.Н. Порфирьева. Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. – 252 С.
7. Glacier changes in the circumpolar Arctic and sub-Arctic, mid-1980s to late-2000s/2011 / S.H. Mernild, J.K. Malmros, J.C. Yde, S. De Villiers, N.T. Knudsen, R. Wilson // *Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography*. – 2015. – V. 115 – № 1. – P. 39–56.
  8. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири. Аналитический обзор.- Новосибирск, 2007. – 87 с.
  9. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов: ГОСТ 17.1.2.04-77. — М.: Изд-во стандартов, 1987 — 17 с.
  10. Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений [Текст] / В.А. Абакумов/ - Ленинград: Гидрометеиздат, 1983.
  11. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Текст] / В.А. Абакумов - СПб.: ГМИ, 1992. - С. 318.
  12. Кобелев В.О., Агбальян Е.В., Красненко А.С., Шинкарук Е.В., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Ерёмина С.А. Динамика гидрохимических показателей поверхностных вод реки Надым // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 10-3. С. 448-452.
  13. Красненко А.С., Кобелев В.О., Печкин А.С., Печкина Ю.А., Семенюк И.П. Биоиндикационная оценка озер окрестностей города Надыма // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2016. № 4 (93). С. 99-102.
  14. Степанов Л.Н. Зообентос малых рек арктических тундр Ямала // *Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Материалы II Всероссийской школы-конференции, 18-22 ноября, г. Борок. Ярославль: Филигрань, 2014. Т. II с. 359-361.*
  15. Ретроспектива ихтиологических и гидробиологических исследований на Ямале / Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Госькова О. А., Мельниченко И. П. — Екатеринбург, 2000 — 88 с.
  16. Красненко А. С. Сообщество донных беспозвоночных как возможный индикатор климатических изменений в Арктике / А. С. Красненко // *Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики: Тезисы докладов международного симпозиума, Салехард, 02–03 декабря 2021 года / Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. — Ишим: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский*

- государственный университет» в г. Ишиме, 2022. – С. 34. – EDN PFZZKY.
17. Красненко, А. С. Экологическое состояние водных экосистем Надым-Пур-Тазовского междуречья / А. С. Красненко, А. С. Печкин // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2021. – № 2(111). – С. 104-111. – DOI 10.26110/ARCTIC.2021.111.2.007. – EDN BZJVQA.
  18. Современные экологические проблемы старичных озер бассейна реки Надым / Р. А. Колесников, А. С. Красненко, Е. В. Шинкарук, А. С. Печкин // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2021. – № 4 (113). – С. 22-36. – DOI 10.26110/ARCTIC.2021.113.4.002. – EDN FZDKJL.
  19. Красненко А. С. Общая характеристика водных объектов на средне-Хулымском лицензионном участке Надымского района ЯНАО / А. С. Красненко, А. С. Печкин // Актуальные вопросы биологии, географии, химии, безопасности жизнедеятельности и методики их преподавания: Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Ишим, 07 апреля 2020 года / Отв. редакторы О.Е. Токарь, Н.Е. Суппес. – Ишим: Ишимский педагогический институт им. П.П. Ершова (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет», 2020. – С. 32-36. – EDN FEPNEO.
  20. Красненко А. С. Биоиндикационная характеристика водоемов урбанизированных территорий Арктической зоны (на примере оз. Янтарное, г. Надым и оз. Ханто, г. Ноябрьск) / А. С. Красненко, А. С. Печкин // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2019. – № 1(102). – С. 116-120. – DOI 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.016. – EDN BAQNFF.
  21. К комплексной оценке экологического состояния западной части государственного природного заказника регионального значения «Надымский» / А. С. Красненко, А. С. Печкин, Ю. А. Печкина [и др.] // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2019. – № 2(103). – С. 27-33. – DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.003. – EDN MVYFKO.
  22. Красненко А. С. Таксономический состав и численность макрозообентоса реки Надым и ее притоков / А. С. Красненко, А. С. Печкин // Экологический мониторинг и биоразнообразие: Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Ишим, 25–26 декабря 2018 года / Отв. ред. А.Ю. Левых. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2018. – С. 116-120. – EDN VVTYLO.

23. Красненко А. С. Макрозообентос озера Ханто города Ноябрьска / А. С. Красненко, А. С. Печкин, И. П. Семенюк // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: материалы VI Международной научно-практической конференции, Ишим, 16 марта 2018 года. – Ишим: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» в г. Ишиме, 2018. – С. 160-163. – EDN YUQFVI.
24. Озеро Янтарное – состояние, проблемы, перспективы / А. С. Красненко, А. С. Печкин, В. О. Кобелев [и др.] // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2018. – № 4(101). – С. 37-43. – EDN КАМСОН.
25. Красненко А. С. Состав и структура сообществ донных беспозвоночных озерно-болотных систем Надым-Пур-Тазовского междуречья / А. С. Красненко, М. И. Ковешников // Управление инновационным развитием Арктической зоны Российской Федерации: Сборник избранных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Северодвинск, 14–16 сентября 2017 года / Составители Е.Н. Богданова, И.Д. Нефедова. – Северодвинск: Общество с ограниченной ответственностью «Консультационное информационно-рекламное агентство», 2017. – С. 523-527. – EDN ХМІНІD.
26. Красненко А. С. Видовой состав и численность макрозообентоса реки Лонгбеган (Хейгияха) в районе автомобильного моста / А. С. Красненко, А. С. Печкин, И. П. Семенюк // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2017. – № 3(96). – С. 76-79. – EDN ОРХQOP.

### *References*

1. IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. – 1535 p.
2. IPCC: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. – 151 p.
3. Kattsov V.M., Porfiriev B.N. Climatic changes in the Arctic: consequences for the environment and economy // Arctic: ecology and economics. – 2012. – № 2 (6). – P. 66-78.

4. Moskalenko N.G. Changes in cryogenic landscapes of the northern taiga of Western Siberia in conditions of climate change and technogenesis // *Cryosphere of the Earth*. – 2012. – vol. XVI. – No. 2. – P. 38-42.
5. Moskovchenko D.V., Arefyev S.P., Glazunov V.A., Tigeev A.A. Changes in the state of vegetation and geocryological conditions of the Taz Peninsula (eastern part) for the period 1988-2016 // *Cryosphere of the Earth*. – 2017. – vol. XXI. – No. 6. – P. 3-13.
6. Assessment of the macroeconomic consequences of climate change in the territory of the Russian Federation for the period up to 2030 and beyond, edited by V.M. Kattsov and B.N. Porfiriev. Roshydromet. Moscow: D'ART: Main Geophysical Observatory, 2011. – 252 p.
7. Glacier changes in the circumpolar Arctic and sub-Arctic, mid-1980s to late-2000s/2011 / S.H. Mernild, J.K. Malmros, J.C. Yde, S. De Villiers, N.T. Knudsen, R. Wilson // *Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography*. – 2015. – V. 115 – № 1. – P. 39–56.
8. Bezmaternykh D.M. Zoobenthos as an indicator of the ecological state of aquatic ecosystems in Western Siberia. Analytical review. - Novosibirsk, 2007. – 87 p.
9. Indicators of the state and rules of taxation of fishery water bodies: GOST 17.1.2.04-77. – Moscow: Publishing House of Standards, 1987. – 17 p.
10. 10. Abakumov V.A. Guidelines for methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments [Text] / V.A. Abakumov/ - Leningrad: Hydrometeoizdat, 1983.
11. Abakumov V.A. Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems [Text] / V.A. Abakumov - St. Petersburg: GMI, 1992. - P. 318.
12. Kobelev V.O., Agbalyan E.V., Krasnenko A.S., Shinkaruk E.V., Pechkin A.S., Pechkina Yu.A., Eremina S.A. Dynamics of hydrochemical indicators of surface waters of the Nadym River // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2016. No. 10-3. P. 448-452.
13. Krasnenko A.S., Kobelev V.O., Pechkin A.S., Pechkina Yu.A., Semenyuk I.P. Bioindicative evaluation of lakes in the suburbs of the city of Nadym // *Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District*. 2016. No. 4 (93). P. 99-102.
14. Stepanov L.N. Zoobenthos of small rivers of the Arctic tundra of Yamal // *Ecosystems of small rivers: biodiversity, ecology, protection: Materials of the II All-Russian School-conference, November 18-22, Borok. Yaroslavl: Filigran, 2014. Vol. II. P. 359-361.*
15. A retrospective of ichthyological and hydrobiological studies in Yamal / Bogdanov V.D., Bogdanova E.N., Goskova O.A., Melnichenko I.P. – Yekaterinburg, 2000 – 88 p.
16. Krasnenko A.S. Community of benthic invertebrates as a possible indicator of climate change in the Arctic / A.S. Krasnenko // *The connection of*

- climate change with changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic: Abstracts of the International Symposium, Salekhard, 02-03 December 2021 / Editor-in-chief A.Y. Levykh, translation editor N.V. Ganzherli. – Ishim: Branch of the Federal State Budgetary educational institution of Higher Professional Education “Tyumen State University” in Ishim, 2022. – P. 34. – EDN PFZZKY.
17. Krasnenko, A.S. Ecological state of water ecosystems of the Nadym-Purtaz interfluve / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2021. – № 2(111). – P. 104-111. – DOI 10.26110/ARCTIC.2021.111.2.007. – EDN BZJVQA.
  18. Kolesnikov R.A., Krasnenko A.S., Shinkaruk E.L., Pechkin A.S. Modern ecological problems of oxbow lakes in the Nadym river basin // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2021. – № 4(113). – P. 22-36. – DOI 10.26110/ARCTIC.2021.113.4.002. – EDN FZDKJL.
  19. Krasnenko A.S. General characteristics of water bodies in the Sredne-Khulymsky license area of the Nadymsky region of the Yamal-Nenets Autonomous District / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin // Topical issues of biology, geography, chemistry, life safety and methods of their teaching: Materials of the All-Russian (with international participation) scientific and practical conference, Ishim, April 07 2020 / Editors O.E. Tokar, N.E. Suppes. – Ishim: Ishim Pedagogical Institute named after P.P. Ershov (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Tyumen State University”, 2020. – P. 32-36. – EDN FEPNEO.
  20. Krasnenko A.S. Bioindicative characteristics of water bodies in urbanized areas of the Arctic zone (by the example of Lake Yantarnoe, Nadym and Lake Khanto, Noyabrsk) / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2019. – № 1(102). – P. 116-120. – DOI 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.016. – EDN BAQNFF.
  21. To a comprehensive assessment of the ecological state of the Western part of the State Nature reserve of regional significance “Nadymsky” / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, Yu.A. Pechkina [et al.] // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2019. – № 2(103). – P. 27-33. – DOI 10.26110/ARCTIC.2019.103.2.003. – EDN MVYFKO.
  22. Krasnenko A.S. Taxonomic composition and abundance of macrozoobenthos of the Nadym river and its tributaries / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin // Ecological monitoring and biodiversity: Materials of the All-Russian (with international participation) Scientific and Practical Conference, Ishim, December 25-26, 2018 / Ed. by A.Y. Levykh. – Ishim: Publishing House of IPI named after P.P. Ershov (branch) of TSU, 2018. – P. 116-120. – EDN VVTYLO.
  23. Krasnenko A.S. Macrozoobenthos of Lake Khanto of the city of Noyabrsk

- / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, I.P. Semenyuk // Urban ecosystems: problems and prospects of development: materials of the VI International Scientific and Practical Conference, Ishim, March 16, 2018. – Ishim: Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Tyumen State University” in Ishim, 2018. – P. 160-163. – EDN YUQFVI.
24. Lake Yantarnoye – condition, problems and prospects / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, V.O. Kobelev [et al.] // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2018. – № 4(101). – P. 37-43. – EDN KAMCOH.
25. Krasnenko A.S. Composition and structure of communities of benthic invertebrates of lake-marsh systems of the Nadym-Pur-Taz interfluvium / A.S. Krasnenko, M.I. Koveshnikov // Management of innovative development of the Arctic zone of the Russian Federation: A collection of selected works based on the materials of the All-Russian Scientific and practical conference with international participation, Severodvinsk, September 14-16, 2017 / Compiled by E.N. Bogdanova, I.D. Nefedova. – Severodvinsk: Limited Liability Company “Consulting Information and Advertising Agency”, 2017. – P. 523-527. – EDN XMIHID.
26. Krasnenko A.S. Species composition and amount of macrozoobenthos of the River Longyegan (Heigiyaha) in the area of the automobile bridge / A.S. Krasnenko, A.S. Pechkin, I.P. Semenyuk // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. – 2017. – № 3(96). – P. 76-79. – EDN ORXQOP.

### *Сведения об авторах*

**Красненко Александр Сергеевич**, 1981 г.р., в 2003 окончил Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова (в настоящее время ТюмГУ) по специальности «учитель биологии с дополнительной специальностью география». В 2011 году защитил диссертацию по специальности «зоология». С 2015 года работает в «Научном центре изучения Арктики» (г. Салехард, Россия). Старший научный сотрудник сектора охраны окружающей среды. Область научных интересов: гиробиология, функционирование водных экосистем, донные беспозвоночные, биоиндикация.

**Печкин Александр Сергеевич**, 1990 г.р., окончил Саратовский государственный университет по специальности «эколог-природопользователь» в 2013 году. С 2015 года работает в «Научном центре изучения Арктики» (г. Салехард, Россия). Научный сотрудник. Область научных интересов: геоэкология, экология почв, пожары, гидрология, гидрохимия, геоботаника, снежный покров, ДЗЗ, ГИС, спектрометрирование ландшафтов.

---

***Участие авторов:***

---

Красненко А.С. - сбор, определение, анализ материала, работа с текстом;  
Печкин А.С. - сбор и первичная обработка материала, работа с текстом.  
Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

---

***Information about the authors***

---

**Alexander Sergeevich Krasnenko**, born in 1981, graduated from the Ishim State Pedagogical Institute named after P.P. Ershov in 2003 with a teacher of biology and geography degree. Senior researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia), Candidate of Biological Sciences. Research interests: hydrobiology, functioning of aquatic ecosystems, benthic invertebrates, bioindication.

**Alexander Sergeevich Pechkin**, born in 1990, graduated from the Faculty of Geography of the Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky with a degree in Environmental Management in 2013. Researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia). Research interests: geocology, soil ecology, fires, hydrology, hydrochemistry, geobotany, snow cover, remote sensing, GIS, landscape spectrometry.

---

***Authors Contribution:***

---

A.S. Krasnenko - collection, identification, analysis of material, work with the text;

A.S. Pechkin - collection and primary processing of material, work with the text.  
All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 06.07.2022 г., принята к публикации 30.09.2022 г.

The article was submitted on July 06, 2022, accepted for publication on September 30, 2022.