

Научная статья  
УДК 504.064.36:574.587  
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-35-44>  
EDN RRPURA

## Снижение обилия и видового разнообразия макрозообентоса таежных ручьев при дорожных работах

*Игорь Александрович Барышев*

*Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук,  
Петрозаводск, Россия, i\_baryshev@mail.ru*

**Аннотация.** На примере ручьев северной тайги проведены исследования видового состава и обилия макрозообентоса в зоне проведения капитального ремонта крупного дорожного объекта, включающего в себя установку новых водопропускных труб. Обследованы 6 малых лесных водотоков с болотным питанием, относящихся к бассейну р. Чирка-Кемь. На каждом из них отобрано по 4 количественных пробы макрозообентоса (площадью 0,02 м<sup>2</sup>), одна из которых выше по течению – «фоновая», а 3 – на строительной площадке. В составе донных сообществ выявлены представители 50 таксонов беспозвоночных, из которых до видового уровня удалось определить 27. Наиболее широко представлены двукрылые (23 таксона). Сравнение участков водотоков в зоне работ с «фоновыми» показало, что ведущим фактором нарушения естественных экосистем является поступление в русла большого количества не свойственных для них субстратов – мелкого песка и глины. Укрытые ими участки русла отличаются сниженным видовым разнообразием (число видов снизилось в среднем с 7,8 до 4,2, индекс Шеннона снизился с 1,72 до 1,06, индекс Симпсона с 0,77 до 0,57, индекс доминирования вырос с 0,23 до 0,43). Обилие макрозообентоса в зоне работ также снизилось – численность с 1 700 до 350 экз./м<sup>2</sup>, биомасса с 6,1 до 1,0 г/м<sup>2</sup>. Наиболее чувствительны к разрушению биотопов представители поденок (*Ephemeroptera*), веснянок (*Plecoptera*) и ручейников (*Trichoptera*): их видовое богатство, обилие и доля в макрозообентосе снизились в зоне работ наиболее существенно. Среди обследованных пикетов в зоне работ стабильными показателями бентоса выделяется тот, где была оставлена старая водопропускная труба – в отсутствие значительных изменений русла разрушение донных сообществ оказалось небольшим.

**Ключевые слова:** экосистема, малые водотоки, донные сообщества, макрозообентос, зона проведения работ, видовой состав, численность, биомасса

**Благодарности:** финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств договора с АО «ВАД» № 183/22/ИБ и средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий № FMEN-2022-0007.

**Для цитирования:** Барышев И. А. Снижение обилия и видового разнообразия макрозообентоса таежных ручьев при дорожных работах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 1. С. 35–44. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-35-44>. EDN RRPURA.

Original article

## Decreasing abundance and species diversity of macrozoobenthos in taiga streams during roadworks

*Igor A. Baryshev*

*Institute of biology Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, Russia, i\_baryshev@mail.ru*

**Abstract.** The article focuses on studying the species composition and abundance of macrozoobenthos in the overhaul area of a large road facility that includes assembling the new culverts, northern taiga streams being taken as examples. There were surveyed six small forest watercourses taking water from swamps that belong to the Chirka-Kem river basin. Four quantitative samples of macrozoobenthos (area = 0.02 m<sup>2</sup>) were taken in each watercourse, one sample was taken upstream and appointed as a background, and the other three at the construction site. Invertebrates of 50 taxa were identified in the benthos, of which 27 taxa were identified to the species level. Diptera (23 taxa) are the most widely represented. Comparison of watercourse sections in the construction area with the background ones showed that the leading factor in the disturbance of natural ecosystems is entering of a large number of substrates that are not typical for them (fine sand and clay) into the channels. The sections of the channel covered by fine sand and clay are characterized by reduced species diversity (species abundance decreased on average from 7.8 to 4.2, the Shannon index decreased from 1.72 to 1.06, the Simpson index from 0.77 to 0.57, the dominance index increased from 0.23

to 0.43). The abundance of macrozoobenthos in the construction zone also decreased – from 1 700 to 350 ind./m<sup>2</sup>, biomass from 6.1 to 1.0 g/m<sup>2</sup>. Mayflies (*Ephemeroptera*), stoneflies (*Plecoptera*), and caddis flies (*Trichoptera*) are the most sensitive to biotope destruction; their species richness, abundance, and share in macrozoobenthos decreased most significantly in the work area. Among the surveyed pickets in the construction zone with stable indicators of benthos is a picket where the old culvert was left: due to the absence of active land works the destruction of bottom communities turned out to be relatively small.

**Keywords:** ecosystem, small streams, benthic communities, macrozoobenthos, construction zone, species composition, abundance, biomass

**Acknowledgment:** financial support for research was carried out from the funds of the contract with VAD, JSC, Project No. 183/22/IB and from the federal budget funds for implementing the State Project No. FMEN-2022-0007.

**For citation:** Baryshev I. A. Decreasing abundance and species diversity of macrozoobenthos in taiga streams during roadworks. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2023;1:35-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-35-44>. EDN RRPURA.

### Введение

Проведение строительных работ часто является причиной техногенных нарушений природных экосистем. В настоящее время исследованию влияния различных типов антропогенного воздействия на речные экосистемы уделяется большое внимание [1–8]. Работы, связанные с перемещением больших объемов грунта, могут затрагивать русла водотоков, что приводит к разрушению природных экосистем и снижению биоресурсного потенциала речной сети [9, 10]. Нарушения бентоса, как правило, выражаются в снижении видового богатства и обилия чувствительных видов [7, 8]. Множество работ посвящены изучению последствий поступления во внутренние водоемы и водотоки органических веществ и биогенных элементов, вызывающих эвтрофирование [1]. Существенное внимание уделяют поступлению в реки поверхностного стока с урбанизированных территорий [4, 5, 7]. Однако подавляющее большинство исследований проведено на реках крупных и средних размеров, в то время как малым рекам и ручьям, которые формируют основу гидрографической сети и в первую очередь подвержены влиянию земляных работ, внимания уделяется недостаточно. Отсыпка дорожного полотна и установка водопр-

пускных труб вызывают разрушение биотопов, поскольку эти работы связаны с перемещением большого количества грунта, в том числе и в руслах водотоков. Поступающая в водные объекты взвесь значительно меняет условия обитания гидробионтов и может приводить к деградации естественных речных экосистем. Настоящая работа проведена с целью определить основные тенденции изменения сообществ макрозообентоса в малых лесных водотоках при проведении дорожных работ.

### Материалы и методы

Исследование реакции сообществ макрозообентоса на техногенное влияние, связанное с ремонтными работами (отсыпка дороги и установка водопрпускных труб под дорожное полотно), проводили на примере малых водотоков в зоне северной тайги на территории Республики Карелия (север европейской части России). Отбор проб проведен 06 сентября 2022 г. непосредственно после окончания дорожных работ на объекте. Карта-схема региона исследований и расположения обследованных водотоков представлена на рис. 1, координаты мест отбора проб и названия водотоков приведены в табл. 1.

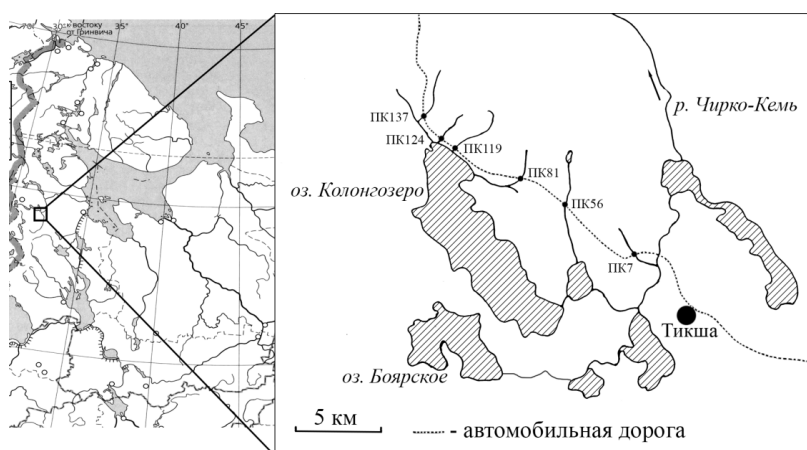


Рис. 1. Карта расположения обследованных водотоков и участков отбора проб (отмечены точками с указанием обозначения) в 2022 г.

Fig. 1. Map of surveyed watercourses and sampling sites (marked with dots with designation) in 2022

Водные объекты и места отбора материала

Water bodies and sampling sites

Обозначение	Координаты пикета	Название водотока
ПК7	64°08'32.6"N 32°21'17.2"E	Ручей без названия
ПК56	64°09'51.8"N 32°16'50.9"E	Река Нурдас
ПК81	64°10'30.8"N 32°14'04.9"E	Ручей без названия
ПК119	64°11'18.1"N 32°09'59.6"E	Ручей без названия
ПК124	64°11'28.8"N 32°09'26.4"E	Ручей без названия
ПК137	64°11'54.5"N 32°08'17.8"E	Ручей без названия

Обозначения участков отбора проб приведены в соответствии со схемой дороги.

Обследованные водотоки представляют собой малые лесные водотоки с болотным питанием, относящиеся к бассейну р. Чирка-Кемь, вода отличается высокой цветностью, связанной, по всей видимости, с высоким содержанием гуминовых кислот:

1. Ручей без названия (ПК7). Водоток представляет собой небольшой ручей с заметным течением (0,1 м/с), илистым дном и коричневой водой. В зоне проведения работ (установки трубы) наблюдается полностью измененное русло с большим количеством тонкого минерального осадка и органического осадка (детрита) среднего размера.

2. Река Нурдас (ПК56). Малая река, протекающая по обводненному лесу, с невысокой скоростью течения (0,02 м/с), коричневой водой и значительным количеством детрита в грунте. В зоне проведения работ (установки трубы) русло реки полностью изменено, в грунте присутствует высокая доля тонкого минерального осадка (глины и мелкого песка).

3. Ручей без названия (ПК 81). Водоток представляет собой лесной ручей с преобладанием валунов в русле, значительной скоростью течения (0,3 м/с) и коричневой водой. На этом пикете не производили установку новой трубы, а была оставлена уже имеющаяся, однако в зоне проведения работ в русле ручья выявлено несколько повышенное содержание мелкой минеральной фракции (глина и песок), которые, вероятно, попали при отсыпке дорожного полотна.

4. Ручей без названия (ПК 119) – лесной ручей с галечным грунтом в русле, небольшим течением (0,05 м/с) и коричневой водой. В зоне установки трубы русло полностью изменено, в русле преобладает песок с примесью глины и детрита.

5. Ручей без названия (ПК 124) – малый лесной ручей, вероятно, с болотным питанием. Вода коричневого цвета. Установлена новая труба, в зоне проведенных работ на дне преобладает глина с примесью песка и детрита. Выше по течению ручей характеризуется спокойным течением, узким и глубоким руслом с преобладанием крупного песка в грунте.

6. Ручей без названия (ПК 137). Типичный лесной ручей с валунным грунтом в русле, значительным количеством водного мха рода *Fontinalis* и существенным течением (0,3 м/с). В зоне укладки трубы облик водотока меняется, в грунте преобладает песок с примесью глины. Ниже трубы выявлено развитие синезеленых водорослей.

На каждом водотоке отобрано по 4 пробы макрозообентоса, по одной на каждой из станций: 1 – выше дороги по течению 50–100 м (фоновая точка); 2 – на входе трубы; 3 – на выходе трубы; 4 – ниже по течению, в области действия шлейфа мутности (3,26 м, величина взята из проектной документации строительных работ). Пробы отбирали с использованием скребка с пришитым к нему сетчатым мешком [11]. С площади 0,02 м<sup>2</sup> выбирали донный субстрат на глубину 5 см и при помощи промывного мешка с мельничным газом № 19 (размер отверстия 360 мкм) отмывали пробу от мелкой минеральной фракции. Полученную пробу помещали в ведро и несколько раз сливали взмученную воду в промывной мешок, чтобы отделить камни и крупный песок, которые оставались в ведре. Оставшийся в промывном мешке материал фиксировали 70 % раствором этанола и в дальнейшем разбирали в лаборатории. При помощи бинокля из пробы изымали беспозвоночных, просчитывали и взвешивали по видам или таксонам, до которых было возможно провести определение (часть беспозвоночных была представлена стадиями развития, по которым определение до видового уровня не считается надежным). Полученные данные были пересчитаны на 1 м<sup>2</sup>. Статистические расчеты и определение индексов разнообразия выполнены с использованием программы Past 4.09.

#### Результаты исследования

**Видовой состав.** В составе макрозообентоса выявлены представители 50 таксонов беспозвоночных, из которых до видового уровня удалось определить 27. Преобладали личинки насекомых, а среди них двукрылые (табл. 2).



Окончание табл. 2  
The ending of table 2

Baryshev I. A. Decreasing abundance and species diversity of macrozoobenthos in taiga streams during roadworks

Таксон *	Пикет																								
	ПК7				ПК56				ПК81				ПК119				ПК124				ПК137				
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Diptera																									
<i>Ablabesmyia</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratopogonidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chironomidae</i> куколки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Chironomus plumosus</i> De Geer, 1776	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Conchapelopia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Corynoneura</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dicranota</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Eloeophila</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Eukiefferiella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macropelopia</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monopelopia tenuicalcar</i> (Kieffer, 1915)	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Orthocladus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Procladius</i> sp.	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psectrotanypus varius</i> (Fabricius, 1775)	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rheopelopia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Sergentia coracina</i> (Zetterstedt, 1850)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simulium</i> sp. личинки и куколки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabanus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Tipula</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

\* Станции 1–4 расположены в порядке продвижения вниз по течению, 1 – «фоновая», 2–4 – в зоне воздействия; \*\* «+» – вид выявлен, «-» – вид не выявлен.

Число видов по станциям варьирует от 11 до 1 и снижается в зоне проведения работ по сравнению с «фоновыми» значениями на всех водотоках, кроме ПК81, где задействована уже функционирующая

труба и установку новой не производили (рис. 2), значения показателей и индексов видового разнообразия приведены в табл. 3.

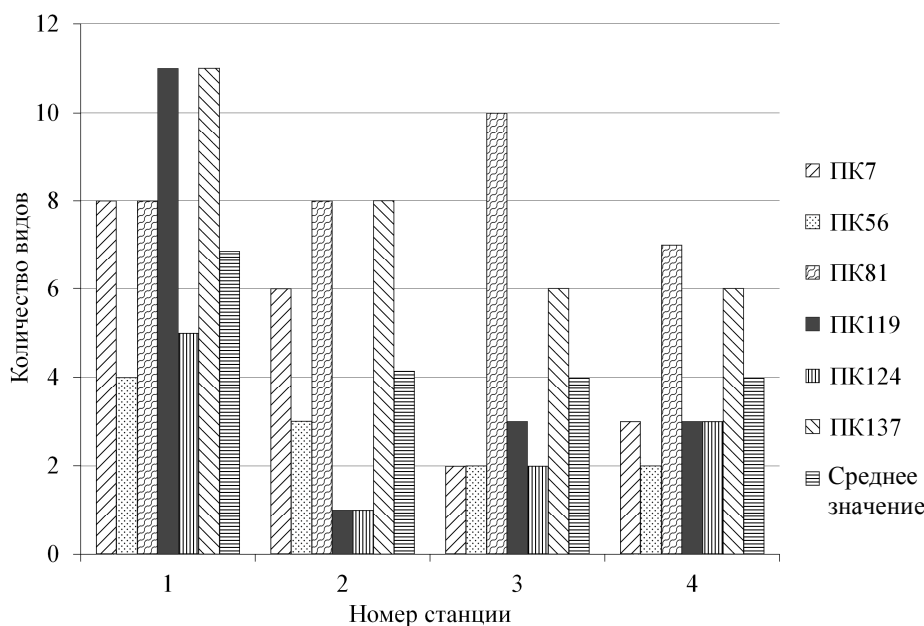


Рис. 2. Изменение числа выявленных видов по станциям (1 – «фоновая», 2–4 – в зоне воздействия)

Fig. 2. Change in the number of identified species by stations (1 – background, 2-4 – in the impact zone)

Таблица 3

Table 3

Средние значения показателей видового богатства и разнообразия в малых водотоках на «фоновых» станциях (ст. 1), в зоне дорожных работ (ст. 2–4)

Average values of species richness and diversity in small streams at background stations (St. 1), in the area of land works (Sts. 2-4)

Показатель	Станции*				Среднее по ст. 2-4	Сравнение ст. 1 и ст. 2-4 по критерию Стьюдента
	1	2	3	4		
Число видов, $n$	$7,83 \pm 1,091$	$4,50 \pm 1,219$	$4,17 \pm 1,211$	$4,00 \pm 0,745$	$4,22 \pm 0,626$	$t = 2,76$ $p = 0,011$
Индекс Шеннона ( $H$ )	$1,72 \pm 0,158$	$0,97 \pm 0,302$	$1,09 \pm 0,165$	$1,13 \pm 0,154$	$1,06 \pm 0,129$	$t = 2,59$ $p = 0,018$
Индекс Симпсона ( $1-D$ )	$0,77 \pm 0,041$	$0,47 \pm 0,138$	$0,61 \pm 0,058$	$0,64 \pm 0,040$	$0,57 \pm 0,055$	$t = 1,98$ $p = 0,061$
Доминирование ( $D$ )	$0,23 \pm 0,041$	$0,53 \pm 0,138$	$0,39 \pm 0,055$	$0,36 \pm 0,040$	$0,43 \pm 0,055$	$t = 1,98$ $p = 0,061$

\* Станции 1–4 расположены в порядке продвижения вниз по течению, 1 – «фоновая», 2–4 – в зоне воздействия.

В зоне проведения дорожных работ, по сравнению с «фоновыми» станциями, статистически значимо снижается число видов и уменьшаются значения индекса Шеннона. Для индекса Симпсона и обратного ему показателя доминирования изменения оказались на грани значимости.

**Численность и биомасса** макрозообентоса ис-

следованных водотоков варьировали по станциям в широких пределах – от 50 до 4 800 экз./м<sup>2</sup> и от 0,10 до 14,49 г/м<sup>2</sup>. Сопоставление обилия макрозообентоса в зоне работ с «фоновыми» значениями показало существенную разницу в численности и биомассе (табл. 4).

Характеристика обилия (численность, экз./м<sup>2</sup> / биомасса, г/м<sup>2</sup>) обследованных станций  
(1 – «фоновые», 2–4 – в зоне воздействия)

Characteristics of the abundance (size, sp./m<sup>2</sup> / biomass, g/m<sup>2</sup>) at the surveyed stations  
(1 – background, 2-4 – in the impact area)

Станция	ПК7	ПК56	ПК81	ПК119	ПК124	ПК137
1	1 750/7,14	1 950/14,49	1 150/7,20	2 150/1,22	400/0,40	2 350/7,31
2	800/3,60	450/0,73	2 350/3,78	50/0,10	50/0,22	750/1,10
3	700/4,70	100/0,15	2 600/6,53	150/1,25	100/0,14	450/0,62
4	500/0,95	300/0,54	4 800/11,86	150/0,13	150/0,14	400/1,05

Обилие макрозообентоса в зоне работ (ст. 2–4) снижается по сравнению с «фоновыми» значениями (ст. 1) во всех водотоках, кроме Ручья без названия на пикете ПК 81, где при ремонте дороги установку трубы не производили, а оставили уже имеющуюся. В связи с этим нарушения грунта на пикете ПК81, по всей видимости, были меньше, и ущерб макрозообентосу не выявлен. Напротив, в этом водотоке прослеживается увеличение численности и биомассы донных беспозвоночных

в зоне проведения работ. Это может быть связано с изменением условий обитания гидробионтов в местах, где ручьи вытекают из-под густого полога леса на открытое пространство вдоль автомобильной дороги, однако в настоящее время данных для убедительных выводов недостаточно. В остальных водотоках сравнение средних значений численности и биомассы макрозообентоса в зоне установки труб с «фоновыми» выявило значительное снижение показателей (рис. 3).

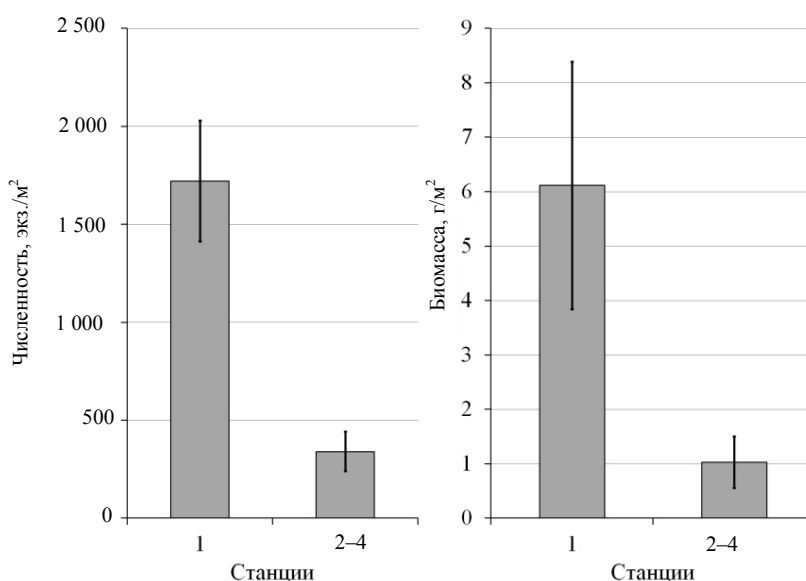


Рис. 3. Сопоставление средних значений численности и биомассы макрозообентоса на «фоновых» и находящихся в зоне работ станциях (из расчета исключены данные по ПК81): линиями показано значение стандартной ошибки

Fig. 3. Comparison of the average values of the abundance and biomass of macrozoobenthos at the background stations and stations in the construction zone (PK81 data is excluded from the calculation): the lines show the value of the standard error

Для проверки статистической значимости влияния проведенных работ по укладке труб на число видов и обилие макрозообентоса проведен однофакторный дисперсионный анализ. Результаты

дисперсионного анализа представлены в табл. 5 (из анализа исключены данные водотока на пикете ПК81).

Таблица 5

Table 5

Результаты сравнения дисперсий показателей макрозообентоса между станциями («фоновая» точка; на входе трубы; на выходе трубы; ниже по течению) в районе проведения капитального ремонта автомобильной дороги в 2022 г.

Results of comparison of dispersions of macrozoobenthos indicators between stations (background point; pipe inlet; pipe outlet; downstream) in the area of the highway overhaul in 2022

Показатель	$F^*$	$p^{**}$	$\omega^{2***}$	Вывод
Число видов	3,85	0,0300	0,299	Влияние фактора статистически значимо
Численность	11,67	0,0003	0,615	
Биомасса	3,44	0,0420	0,268	

\*  $F$  – критерий Фишера; \*\*  $p$  – уровень значимости; \*\*\*  $\omega^2$  – показатель силы влияния фактора.

Наиболее чувствительными к разного рода загрязнениям и нарушениям являются личинки поденок (*Ephemeroptera*), веснянок (*Plecoptera*) и ручейников (*Trichoptera*) [4, 8]. По первым буквам

латинских названий таксонов этих представителей бентоса называют *EPT*. Суммарная численность и биомасса *EPT*, а также их доли в бентосе по станциям приведены в табл. 6.

Таблица 6

Table 6

Суммарная численность и биомасса поденок, веснянок и ручейников (*EPT*) в бентосе обследованных водотоков по станциям (средние значения)

Total abundance and biomass of mayflies, stoneflies and caddisflies (*EPT*) in the benthos of surveyed streams by stations (mean values)

Показатель	Станции (1 – «фоновые», 2–4 – в зоне воздействия)			
	1	2	3	4
Численность <i>EPT</i> , экз./м <sup>2</sup>	567	267	192	242
Доля <i>EPT</i> по численности, %	31,8	24,1	18,1	22,0
Биомасса <i>EPT</i> , г/м <sup>2</sup>	2,71	0,37	0,18	0,22
Доля <i>EPT</i> по биомассе, %	36,9	22,6	14,2	14,9

Обилие представителей поденок, веснянок и ручейников, как и их доля в бентосе, максимальны на «фоновой» станции (№ 1), в то время как в зоне проведения земляных работ их численность, биомасса и доля в бентосе снижаются. В ручье на пикете ПК81 также отмечено снижение обилия и доли представителей *EPT*, несмотря на то, что установку новой трубы в этом месте не проводили. Однако следует отметить, что по сравнению с другими пикетами здесь нарушения бентоса не так велики – число видов, численность и биомасса фактически не снижены.

#### Обсуждение

В нормативных документах уделено достаточно большое внимание охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [12]. Вместе с тем многоплановость нарушений, происходящих при земляных работах, и многофакторность их воздействия на природные экосистемы создают большие сложности как при расчете ущерба на стадии проектирования, так и при оценке его реальной величины после ввода объекта в строй. В ходе наших работ выявлено, что все донные биотопы в местах работ засыпаны мелкой минеральной фракцией, вероятно, смывтой

в водотоки при отсыпке дорог и земляных работах. В литературе можно найти некоторые сведения о том, как поступление минеральных взвесей влияет на донные сообщества ручьев и малых рек. Так, влияние техногенных взвесей на сообщества бентоса малых горных рек было прослежено на примере р. Ага (Камчатка), где состав бентоса в зоне загрязнения отличался от «фона» сокращением разнообразия и, особенно, индекса *EPT* [13]. Сокращение видового состава и снижение численности бентоса в 2, а биомассы в 4 раза в результате заиления и изменения объема стока было обнаружено в р. Левтыриньявая (Камчатка) при разработке открытого месторождения полезных ископаемых на территории водосбора [14]. В ходе исследования влияния ремонта дороги нами выявлены аналогичные нарушения, что позволяет предположить, что именно поступление минеральной взвеси и замена естественных донных субстратов тонкодисперсными минеральными отложениями являются основными причинами негативной динамики показателей макрозообентоса.

#### Заключение

Таким образом, дорожное строительство может оказывать негативное влияние на донные сообще-



ства малых водотоков, которые пересекают возводимый или ремонтируемый объект. Выявленные в ходе исследования нарушения обилия и состава бентоса схожи с теми, которые наблюдаются при поступлении в реки техногенных минеральных взвесей, и заключаются в существенном снижении

видового богатства, численности и биомассы. В первую очередь нарушения отражаются на представителях поделок, веснянок и ручейников, которые наиболее чувствительны к антропогенным воздействиям.

#### Список источников

1. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод. Минск: Орех, 2004. 124 с.
2. Шуйский В. Ф., Максимова Т. В., Петров Д. С. Изоболитический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса. СПб.: Междунар. акад. наук экологии, безопасности человека и природы, 2004. 303 с.
3. Щербина Г. Х. Влияние промышленных стоков сыроваренного завода на структуру макрозообентоса малой реки // Биология внутренних вод. 2005. № 3. С. 98–103.
4. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. М.: Наука, 2007. 403 с.
5. Зинченко Т. Д., Головатюк Л. В., Загорская Е. П. Структурная организация сообществ макрозообентоса равнинных рек при антропогенном воздействии // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. М.: Наука, 2007. С. 217–232.
6. Водные ресурсы России и их использование / под ред. проф. И. А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
7. Безматерных Д. М. Влияние антропогенного загрязнения на структуру макрозообентоса реки Барнаулки (бассейн Верхней Оби) // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 1. С. 52–61. DOI: 10.7868/S0321059618010066.
8. Вшивкова Т. С., Иваненко Н. В. и др. Введение в биомониторинг пресных вод: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. 240 с.

9. Макарова Ю. А., Мануковский А. Ю. Экологическое воздействие на окружающую среду при строительстве и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог // A science. Thought: electronic periodic journal. 2016. № 7. Т. 1. С. 84–91.
10. Аверьянов Д. Ф., Белоусов А. Н., Воронков В. Б., Студенов И. И., Торцев А. М. Актуальные вопросы теории и практики возмещения вреда, причиняемого водным биоресурсам. М.: Эдитус, 2018. 294 с.
11. Комулайнен С. Ф., Круглова А. Н., Хренников В. В., Широков В. А. Методические рекомендации по изучению гидробиологического режима малых рек. Петрозаводск: Ин-т биологии Карел. науч. центра АН СССР, 1989. 42 с.
12. Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. Отраслевой дорожный методический документ (ОДМ 218.3.031-2013). М.: Росавтодор, 2013. 102 с.
13. Чебанова В. В. Бентос лососевых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО, 2009. 172 с.
14. Чалов С. Р., Чебанова В. В., Леман В. Н., Песков К. А. Техногенные изменения русла малой лососевой реки и их влияние на сообщество макрозообентоса и лососевых рыб (юго-восточные отроги Корякского нагорья) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2005. Вып. 3. С. 36–48.

#### References

1. Semenchenko V. P. *Printsipy i sistemy bioindikatsii tekuchikh vod* [Principles and systems of bioindication of flowing waters]. Minsk, Orekh Publ., 2004. 124 p.
2. Shuiskii V. F., Maksimova T. V., Petrov D. S. *Izobolicheskiy metod otsenki i normirovaniia mnogofaktornykh antropogennykh vozddeistvii na presnovodnye ekosistemy po sostoiianiiu makrozoobentosa* [Isobolic method for assessing and normalizing multifactorial anthropogenic impacts on freshwater ecosystems according to macrozoobenthos condition]. Saint-Petersburg, Mezhdunar. akad. nauk ekologii, bezopasnosti cheloveka i prirody, 2004. 303 p.
3. Shcherbina G. Kh. Vliianie promyshlennykh stokov syrovarennogo zavoda na strukturu makrozoobentosa maloi reki [Influence of industrial effluents from cheese factory on macrozoobenthos structure in small river]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2005, no. 3, pp. 98-103.
4. *Bioindikatsiia ekologicheskogo sostoiianiia ravninnykh rek* [Bioindication of lowland rivers ecology]. Pod redaktsiei O. V. Bukharina, G. S. Rozenberga. Moscow, Nauka Publ., 2007. 403 p.
5. Zinchenko T. D., Golovatiuk L. V., Zagorskaia E. P. *Strukturalnaia organizatsiia soobshchestv makrozoobentosa ravninnykh rek pri antropogennom vozddeistvii* [Structural organization of macrozoobenthos communities of lowland

- rivers under anthropogenic impact]. *Bioindikatsiia ekologicheskogo sostoiianiia ravninnykh rek*. Pod redaktsiei O. V. Bukharina, G. S. Rozenberga. Moscow, Nauka Publ., 2007. Pp. 217-232.
6. *Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie* [Water resources of Russia and their use]. Pod redaktsiei professora I. A. Shiklomanova. Saint-Petersburg, GGI Publ., 2008. 600 p.
7. Bezmaternykh D. M. Vliianie antropogennogo zagriazneniia na strukturu makrozoobentosa reki Barnaulki (bassein Verkhnei Obi) [Influence of anthropogenic pollution on macrozoobenthos structure of Barnaulka River (Upper Ob basin)]. *Vodnye resursy*, 2018, vol. 45, no. 1, pp. 52-61. DOI: 10.7868/S0321059618010066.
8. Vshivkova T. S., Ivanenko N. V. i dr. *Vvedenie v biomonitoring presnykh vod: uchebnoe posobie* [Introduction to fresh water biomonitoring: textbook]. Vladivostok, Izd-vo VGUES, 2019. 240 p.
9. Makarova Iu. A., Manukovskii A. Iu. *Ekologicheskoe vozddeistvie na okruzhaiushchuiu sredu pri stroitel'stve i ekspluatatsii lesovoznykh avtomobil'nykh dorog* [Ecological impact on environment during construction and operation of logging roads]. *A science. Thought: electronic periodic journal*, 2016, no. 7, vol. 1, pp. 84-91.

10. Aver'ianov D. F., Belousov A. N., Voronkov V. B., Studenov I. I. Tortsev A. M. *Aktual'nye voprosy teorii i praktiki vozmeshcheniia vreda, prichiniaemogo vodnym bioresursam* [Topical issues of theory and practice of compensation for harm caused to aquatic biological resources]. Moscow, Editus Publ., 2018. 294 p.

11. Komulainen S. F., Kruglova A. N., Khrennikov V. V., Shirokov V. A. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniiu gidrobiologicheskogo rezhima malykh rek* [Guidelines for studying hydrobiological regime of small rivers]. Petrozavodsk, In-t biologii Karel. nauch. tsentra AN SSSR, 1989. 42 p.

12. *Metodicheskie rekomendatsii po okhrane okruzhaiushchei sredy pri stroitel'stve, remonte i sodержanii avtomobil'nykh dorog. Otrasevoi dorozhnyi metodicheskii dokument (ODM 218.3.031-2013)* [Guidelines for environ-

mental protection in construction, repair and maintenance of highways. Industry road regulatory document (IRD 218.3.031-2013)]. Moscow, Rosavtodor Publ., 2013. 102 p.

13. Chebanova V. V. *Bentos lososevykh rek Kamchatki* [Benthos of salmon rivers of Kamchatka]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2009. 172 p.

14. Chalov S. R., Chebanova V. V., Leman V. N., Peskov K. A. Tekhnogennye izmeneniia rusla maloi lososevoi reki i ikh vliianie na soobshchestvo makrozoobentosa i lososevykh ryb (iugo-vostochnye otrogi Koriakskogo nagor'ia) [Technogenic changes of small salmon river bed and their impact on community of macrozoobenthos and salmon fish (southeastern spurs of Koryak Highlands)]. *Chteniia pamiati Vladimira Iakovlevicha Levanidova*, 2005, iss. 3, pp. 36-48.

Статья поступила в редакцию 17.10.2022; одобрена после рецензирования 25.01.2023; принята к публикации 09.03.2023  
The article is submitted 17.10.2022; approved after reviewing 25.01.2023; accepted for publication 09.03.2023

### Информация об авторе / Information about the author

**Игорь Александрович Барышев** – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; i\_baryshev@mail.ru

**Igor A. Baryshev** – Doctor of Sciences in Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; i\_baryshev@mail.ru

