

УДК 574.587 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

**СОСТАВ И СТРУКТУРА МАКРОЗООБЕНТОСА
МАЛОГО ПРИБРЕЖНОГО ВОДОПАДА ОСТРОВА
САХАЛИН В ОСЕННИЙ ПЕРИОД****О. Б. Шарлай (oksana.sharlay@yandex.ru), В. С. Лабай, О. Н. Березова,
Е. В. Абрамова, А. И. Водопьянова**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

Шарлай О. Б., Лабай В. С., Березова О. Н., Абрамова Е. В., Водопьянова А. И. Состав и структура макрозообентоса малого прибрежного водопада острова Сахалин в осенний период // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2021. – Т. 17. – С. 206–222.

Описаны состав, структура и показатели обилия макрозообентоса малого прибрежного водопада и прилегающих к нему участков ручья без названия по данным сборов в октябре и ноябре 2019 г. Водопад является непреодолимой преградой только для гомотопных видов гидробионтов, обитающих на участке ниже водопада. Отмечено значительное видовое сходство между участками. На участках ниже и выше водопада локализовано типичное для кренали рек о. Сахалин сообщество *Gammarus lacustris*. На участке водопада наблюдается специфичное сообщество *Orthocladius* gr. *saxicola*+*Limnodrilus hoffmeisteri*. Выделена группа гидробионтов катарактофилов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: макрозообентос, состав, структура, плотность, биомасса, сообщество, водопад.

Табл. – 3, ил. – 12, библиогр. – 24, прил. – 1.

Sharlay O. B., Labay V. S., Berezova O. N., Abramova E. V., Vodopyanova A. I. Composition and structure of the macrozoobenthos of the small coastal waterfall of the Sakhalin Island in the autumn period // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2021. – Vol. 17. – P. 206–222.

The composition, structure and abundance of macrozoobenthos of the small coastal waterfall “Kolokolnya” and adjacent sections of an untitled brook based on data collected in October and November 2019 are described. The waterfall is an insurmountable obstacle only for homotopic species of aquatic organisms that live in the area below the waterfall. The significant species similarity between the sites is noted. The community of *Gammarus lacustris*, typical for the krenal of rivers of Sakhalin Island, is localized in the areas below and above the waterfall. The specific community of *Orthocladius* gr. *saxicola*+*Limnodrilus hoffmeisteri* is observed at the site of the waterfall. The group of cataractophilic hydrobionts is distinguished.

KEYWORDS: macrozoobenthos, composition, structure, density, biomass, community, waterfall.

Tabl. – 3, fig. – 12, ref. – 24, app. – 1.

ВВЕДЕНИЕ

Водопад представляет собой водный поток, падающий с крутого обрыва. Часто крупные водопады состоят из цепочки мелких порогов и каскадов. Одной из особенностей крупных водопадов является их «движение»: постоянное падение воды приводит к разрушению уступа и перемещению водопада вверх по реке.

Происхождение водопадов может быть обусловлено пересечением рекой природного уступа, который образовался до появления воды; деятельностью самой реки, размывающей мягкие слои пород. В горах большое количество водопадов обязано своим появлением тектонической активности. Водопады в горных районах могут возникнуть в висячих долинах из-за переизбытка в реках воды, сошедшей с ледников.

Виды водопадов:

катаракт – крупный водопад, в котором основная масса воды падает широким полотном с относительно небольшой высоты;

водоскат – плавный отлогий водопад без крутых низвержений воды;

каскад – серия водопадов, расположенных друг за другом.

В Сахалинской области существует большое количество различных водопадов. В работе **А. К. Клитина и др. (2013)** описано 664 водопада области, из которых 275 находятся на о. Сахалин.

В научной литературе уделяется мало внимания описанию бентосных сообществ водопадов (**Baker et al., 2017; Offem, Ikpi, 2012**), либо описано распределение отдельных видов в зоне падения воды мини-водопадов (**Лабай, 2012**). Обычно принимается, что водопады являются препятствиями для распространения рыбы вверх по течению и, таким образом, формируют отдельные сообщества (**Covich et al., 2009; Creed, 2006; El-Sabaawi et al. др., 2015; Hein&Crowl, 2010; Karssing et al., 2012**). Басс (**Bass, 2007**) отмечает, что разные водные сообщества в бассейнах над водопадом и под водопадом могут быть результатом различий в микробиотопах обитания или других условий окружающей среды.

Цель работы – описать видовую и трофическую структуру, пространственное распределение макробентоса в малом прибрежном водопаде в осенний период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в ручье без названия в осенний период 19 октября и 23 ноября 2019 г. на малом прибрежном водопаде. Он расположен в 2,2 км южнее устья р. Тихая: координаты 47°59,417'с. ш. и 142°31,631'в. д. Высота водопада – 13 м, расположен в распадке между прибрежных скал, имеет две ступени (**рис. 1**).

Отбор проб проводился в соответствии с существующими гидробиологическими методиками (**Богатов, 1994; Методические рекомендации..., 2003**). Отбор проб макробентоса осуществлялся бентометром Леванидова (0,12 м²). Измерения скорости течения проводились с помощью гидрометрической микровертушки ГМЦ-1. Сбор данных проходил на каждой станции параллельно отбору проб бентоса. Обработку проб макробентоса проводили В. С. Лабай, О. Б. Шарлай, О. Н. Березова, Е. В. Абрамова, А. И. Водопьянова, студенты СахГУ А. А. Жагалин, Д. М. Ларин.



Рис. 1. Карта-схема района исследований
Fig. 1. Schematic map of the study area

Наш водопад относится к водопадам каскадного типа.

Материал собирали на трех участках (выше водопада – 8 станций, в водопаде – 8 станций и ниже водопада – 8 станций), всего за два месяца было отобрано 144 пробы на 24 станциях (табл. 1, рис. 2).

Для описания структуры донных сообществ использовали стандартные показатели: длина видового списка (S), численность или плотность поселения (N) и биомасса (B). Частота встречаемости (ЧВ) видов макробентоса рассчитывалась как доля проб, в которых вид был встречен, к общему количеству проб (%). Определяющим при структуризации сообществ был коэффициент относительности (КО), рассчитываемый как произведение относительной средней биомассы на частоту встречаемости (Палий, 1961) и имеющий четкое ограничение максимально возможной величиной 10 000.

Таблица 1

Объем собранного материала

Table 1

Amount of collected material

Дата	Участок	Кол-во станций	Кол-во проб	Грунт	Гидрологические параметры		
					ширина, м	глубина (м), максимальная/средняя	скорость течения (м/с), максимальная/средняя
19.10.2019	Выше водопада	8	24	Скалисто-каменистый-щебнистый	0,78	0,38/0,30	0,048/0,024
	Водопад	8	24	Скала, подушки мхов на водопадных уступах	1,87	–	0,900/0,690
	Ниже водопада	8	24	Каменисто-щебнистый грунт с примесью песка и детрита	0,7	0,22/0,14	0,029/0,019
23.11.2019	Выше водопада	8	24	Скалисто-каменистый-щебнистый	0,84	0,5/0,31	0,054/0,025
	Водопад	8	24	Скала, подушки мхов на водопадных уступах	1,87	–	0,9/0,737
	Ниже водопада	8	24	Каменисто-щебнистый грунт с примесью песка и обильным листовым опадом	0,76	0,25/0,132	0,048/0,020

При вычислении значимости отдельной формы и для более полной количественной характеристики учитывали вклад каждой формы в создание средней общей биомассы, ЧВ и КО при превалировании КО. Форма считалась доминирующей, если значение КО попадало в предел 10 000 – 1 000; характерной 1-го порядка (субдоминантной) – 1 000–100; характерной 2-го порядка – 100–10; второстепенной 1-го порядка – 10–1; второстепенной 2-го порядка – менее 1.

Для классификационных и ординационных процедур в качестве меры обилия видов использован показатель Q_b (кал/м²*час), эквивалентный энергетическим затратам на дыхание всех особей i -го вида на удельной площади (Кучерук, Савилова, 1985; Azovsky et al., 2000): $Q_b = k \cdot B_i^{0.75} \cdot N_i^{0.25}$, где B_i (г/м²) и N_i (экз./м²) – удельные биомасса и плотность i -го вида на 1 м² соответственно. Из обобщенных данных коэффициент k принимается для Oligochaeta равным 0,178;

для Bivalvia – 0,089; для Amphipoda – 0,302; для Plecoptera и Ephemeroptera – 0,233; Trichoptera и Coleoptera – 0,293 (Голубков, 2000; Алимов и др., 2013).

При выделении сообществ донных гидробионтов на условных станциях 1 и 2 использовался индекс сходства, впервые предложенный Я. Чекановским (Максимович, Погребов, 1986): $C_{1,2} = 2\sum(\text{MIN}x_1, x_2) / (\sum x_1 + \sum x_2)$, где x_i – величина обилия i -го вида (Q) на условных станциях 1 и 2 соответственно. Пробы относились к одному сообществу при превышении уровня сходства 40%.

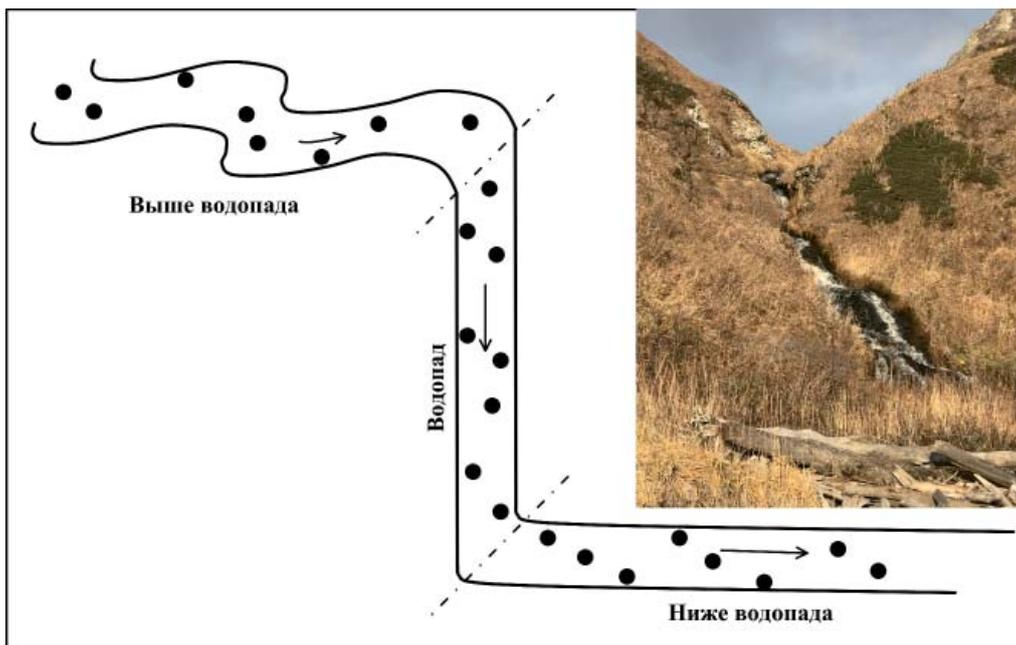


Рис. 2. Схема отбора проб макробентоса в водопаде
Fig. 2. Sampling scheme for macrobenthos in the waterfall

Для сравнения видовых списков использовался коэффициент Сёренсена

(География и мониторинг..., 2002): $I_{x,y} = \frac{2c}{a+b} \times 100$, где: c – количество общих видов в районах x и y ; a и b – количество видов в районах x и y соответственно.

Для выявления основных закономерностей в распределении бентоса применялось построение ординационного графа методом главных компонент (Калинина, Соловьев, 2003) в программе STATISTICA version 8. Построение графов ценотического сходства (рис. 3, 4) осуществлялось по расчетным данным в программе Paint Microsoft Windows (версия 6.1).

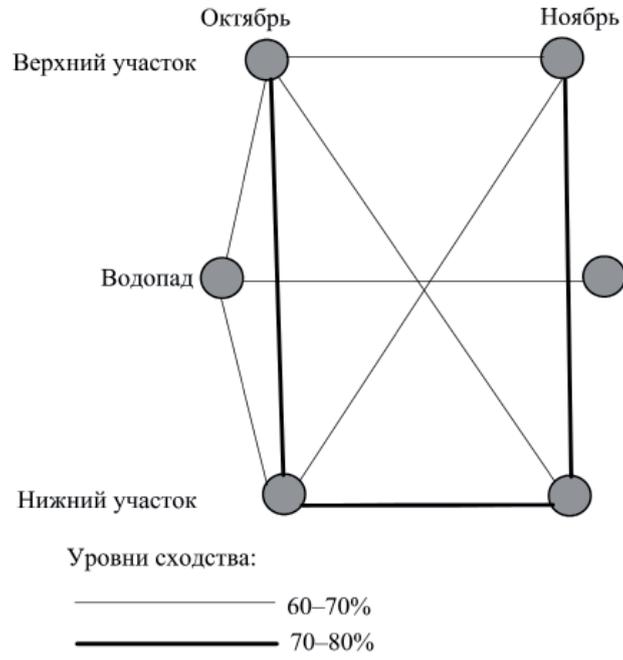


Рис. 3. Граф видового сходства участков
Fig. 3. Site species similarity graph

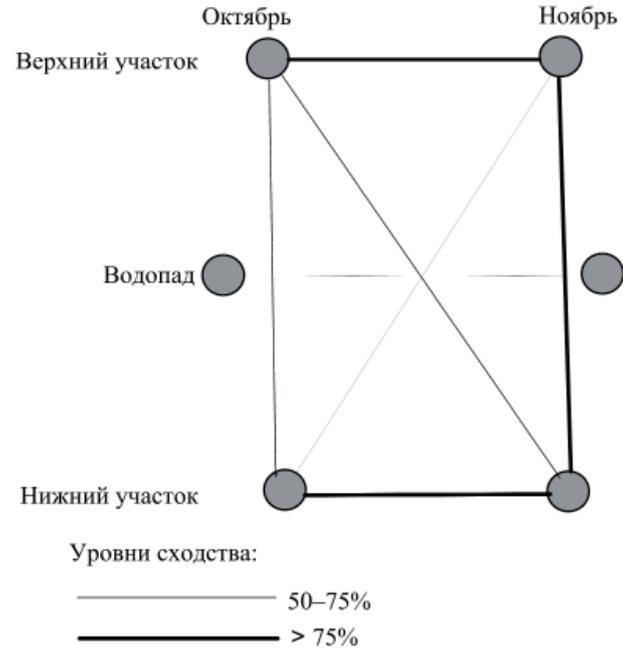


Рис. 4. Граф ценотического сходства участков
Fig. 4. Site cenotic similarity graph

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Условия обитания гидробионтов

Ручей б/н берет начало в низкогорном массиве к югу от хр. Жданко и имеет длину 1,94 км (Атлас Сахалинской..., 2007). На участке обследования выше водопада, ручей протекает в скалистом ущелье, имеет ширину 0,5–1 м и глубину 0,15–0,5 м. Грунт дна представлен скалисто-каменистой платформой с щебнем. Скорость течения составляла 0,006–0,048 м/с (в среднем – 0,024 м/с) в октябре и 0,003–0,054 м/с (0,025 м/с) в ноябре.

На участке собственно водопада поток проходит по уступчатому, скалисто-лому ложу с общим уклоном около 65°. На скале отмечены подушки мха, служащие естественным фильтром. Ширина потока варьировалась от 1,3 м в верхней части и до 2 м в нижней части водопада. Скорость течения варьировалась от 0,6 до 0,9 м/с (0,689 м/с) в октябре и от 0,5 до 0,9 м/с (0,737 м/с) в ноябре.

Ниже водопада ручей протекал по галечно-песчаному прибрежному пляжу, имел ширину от 0,7 до 1 м и глубину 0,08–0,25 м. Грунт дна – каменисто-щебнистый с примесью песка и детрита. Скорость течения составляла 0,008–0,029 м/с (в среднем – 0,019 м/с) в октябре и 0,001–0,048 м/с (0,020 м/с) в ноябре.

Ихтиофауна отмечалась только на участке ниже водопада и была представлена мальмой *Salvelinus curilus* (Pallas, 1814).

Характеристика зообентоса

В октябре на верхнем участке выше водопада основу видового состава формировали амфибиотические насекомые, среди которых превалировали двукрылые, ручейники и поденки. Макрозообентос был представлен 33 видами (см. прил.). Прочие группы: бокоплавы, плоские черви, жесткокрылые, веснянки, малощетинковые черви были представлены небольшим (1–3) количеством видов (табл. 2). Структурообразующая роль при формировании численности принадлежала личинкам поденок. Среди них наиболее значимы были *Baetis* (*Baetis*) sp., *Ephemerella* (*E.*) *aurivilli* Bengtsson, 1908, *Rhithrogena* (*Rhithrogena*) gr. *lepnevae*, которые совместно формировали 22% от биомассы поденок. Основу общей биомассы формировали две группы гидробионтов: разноногие раки и поденки. Доминантами в сообществе являлись бокоплавы *Gammarus lacustris* Sars, 1863 (КО=3 972). В категорию субдоминантов вошли поденки *Baetis* sp., *E. aurivilli*, *Rh.* gr. *lepnevae*, *Leptophlebia* (*Neoleptophlebia*) *chocolata* (Imanishi, 1937), ручейники *Rhyacophila* (*Paleorhyacophila*) *hokkaidensis* Iwata, 1927, *Apatania* sp., *Hydatophylax* sp. личинки жесткокрылых рода *Esolus* и плоские черви, совместный вклад которых в общую биомассу составил 54,1%. Перечисленные виды характеризовались высокой частотой встречаемости от 62 до 88%. Повсеместное распространение наблюдалось у доминирующего вида.

Таблица 2

Показатели обилия макрозообентоса в октябре

Table 2

Indicators of the abundance of macrozoobenthos in October

Участки руч. б/н	Выше водопада			Водопад			Ниже водопада		
	S	N, %	B, %	S	N, %	B, %	S	N, %	B, %
Amphipoda	1	18,1	39,7	1	4,0	4,2	2	45,0	78,9
Ephemeroptera	8	34,6	26,0	4	3,7	8,4	8	24,0	9,8
Trichoptera	7	5,7	15,2	1	1,4	9,2	2	1,0	3,2
Turbellaria	1	12,9	10,3	1	3,0	3,4	1	11,4	4,0
Coleoptera	1	18,0	5,8	1	7,3	8,3	1	8,8	1,7
Plecoptera	3	1,5	1,7	2	0,8	3,3	5	2,7	0,9
Diptera	9	8,4	1,0	9	70,7	34,0	8	4,7	0,6
Oligochaeta	3	0,8	0,3	2	9,2	29,3	4	2,4	0,8
Всего	33	1 506±147	4,783±0,500	21	1 341±141	0,968±0,109	31	2 061±205	10,961±1,190

В водопаде на скале, покрытой мхом, зарегистрировано снижение количества встреченных видов до 21 (**см. прил.**). По численности и биомассе лидировали двукрылые, высокая биомасса была отмечена у олигохет. Доминантами были хирономиды *Orthocladius* (*Orthocladius*) *gr. saxicola* (КО=2 820) и олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 (КО=1 826), составившие 57,4% от общей биомассы и 59,8% от общей численности. Субдоминантами являлись жуки *Esolus* sp., ручейники *Rh. hokkaidensis*, амфиподы *G. lacustris*, поденки *E. aurivilli*, *Baetis* sp., плоские черви, веснянки *Skwala pusilla* Klapalek, 1912, мошки *Simulium* sp. (37% от общей биомассы).

Ниже водопада бентос был представлен 31 видом (**см. прил.**). Основу видового состава формировали амфибиотические насекомые: поденки, веснянки, ручейники, двукрылые и жесткокрылые. Доминировали амфиподы *G. lacustris* (КО=4 647), *Eogammarus barbatus* (Tzvetkova, 1965) (КО=2 435). Субдоминанты поденки *E. aurivilli*, *Baetis* sp., ручейники *Hydatophylax* sp., турбеллярии и жесткокрылые рода *Esolus* формировали 14,7% от общей биомассы.

Бентофауна участка выше водопада в ноябре характеризовалась богатым таксономическим разнообразием (**табл. 3**). Видовой состав зообентоса был сформирован преимущественно амфибиотическими насекомыми, из них наиболее широко представлены поденки и двукрылые (**см. прил.**). Доминирующие на участке бокоплав *G. lacustris* (КО=3 592), ручейники *Hydatophylax* sp. (КО=1 008) и поденки *E. aurivilli* (КО=1 109) составили 36% от общей численности и 60,1% биомассы. 100%-ная частота встречаемости наблюдалось у доминант, а также субдоминант *Baetis* sp., *L. chocolata*, плоских червей.

На участке водопада макрозообентос был представлен 15-ю видами (**см. прил.**). Среди них массового развития достигли личинки и куколки двукрылых, главным образом виды семейства Chironomidae (**см. табл. 3**). Представитель данной группы – *Orthocladius* *gr. saxicola* – являлся доминантом (79,9% от общей численности и 69% биомассы, КО=6 900). К субдоминантам отнесены личинки ручейников *Rh. hokkaidensis* и малощетинковые черви *L. hoffmeisteri*, бокоплав *G. lacustris*, жесткокрылые *Esolus* sp., поденки *E. aurivilli* (25,9% от общей биомассы). Только доминирующий вид имел повсеместное распространение в пределах участка.

Таблица 3

Показатели обилия макрозообентоса в ноябре

Table 3

Indicators of the abundance of macrozoobenthos in November

Участки руч. б/н	Выше водопада			Водопад			Ниже водопада		
	S	N, %	B, %	S	N, %	B, %	S	N, %	B, %
Amphipoda	1	18,6	35,9	1	1,9	2,9	2	39,0	43,6
Ephemeroptera	13	32,9	24,4	2	1,5	3,4	9	24,7	14,1
Turbellaria	1	19,8	9,2	1	0,2	0,1	1	17,2	6,5
Trichoptera	7	7,2	20,1	2	1,2	11,6	5	4,9	29,0
Coleoptera	1	15,2	3,9	1	3,6	3,1	1	6,5	2,4
Plecoptera	5	2,5	3,0	2	0,5	1,3	5	2,2	1,8
Oligochaeta	2	2,1	1,2	1	5,4	7,0	3	2,2	1,7
Diptera	8	1,6	2,3	5	85,6	70,5	5	3,4	1,0
Bivalvia	1	0,1	0,02						
Всего	39	1 572±160	6,051±0,626	15	1 008±104	1,533±0,169	31	2 417±257	10,846±1,089

Ниже водопада был зафиксирован 31 вид гидробионтов, среди которых наиболее значимы поденки, веснянки и двукрылые (*см. прил.*). Основной вклад в общую плотность вносили амфиподы и поденки, а в общую биомассу амфиподы и ручейники. Доминировали *G. lacustris* (КО=4 024) и *Hydatophylax* sp. (КО=2 562), составившие 65,9% от общей биомассы и 41,2% от общей численности. В категорию субдоминант вошли *E. aurivilli*, *Baetis* sp., *Esolus* sp., *Eo. barbatus* и плоские черви (совместная биомасса 23,9%).

В оба месяца плотность и биомасса макрозообентоса на участке ниже водопада были выше, чем на участке выше водопада (*см. табл. 2, 3*), несмотря на наличие рыбного населения ниже водопада. Полученные данные противоречат имеющимся описаниям, когда ниже водопада рыбы ограничивали плотность донных беспозвоночных (*Baker et al., 2017*). Видимо, это обусловлено эффектом аккумуляции сносимых с верхнего участка донных беспозвоночных на нижнем участке, при отсутствии возможности дальнейшей миграции беспозвоночных вниз по течению, так как нижний участок ограничивается снизу морским устьем.

Между участками водопада, несмотря на разницу экотопов, наблюдалось значительное сходство видового состава. Наименьшее сходство с остальными участками показывал участок водопада – не более 66,7%. Однако специфические виды в водопаде отсутствовали. Следовательно, фауна водопада вторична по отношению к вышележащему участку.

Наибольшее сходство отмечалось между верхним и нижним участком в оба месяца. Высокое межмесячное сходство наблюдалось только на нижнем участке. Специфичными для верхнего участка являются ручейники *Ceratopsyche orientalis* Мартунов, 1934, *Glossosoma* indet., оба этих вида являются литофильными и их снос по течению затруднен. Индикатором нижнего участка является бокоплав *Eogammarus barbatus* (Тзветкова, 1965), который является видом морского генезиса (*Цветкова, 1975*). Для таких видов при миграциях вверх по течению водопад является непреодолимой естественной преградой.

Граф ценотического сходства участков показан на *рисунке 4*. Отмечено сходство бентоса участков выше и ниже водопада в оба периода съемки на

уровне выше 75%, что соответствует единому сообществу. В данном сообществе доминировали *G. lacustris*, основу видового состава формировали амфибиотические насекомые, наиболее значимыми группами были поденки, веснянки, двукрылые и ручейники (см. табл. 2, 3) Такое сообщество типично для кренали рек юга о. Сахалин (Лабай, 2020; Лабай и др., 2015).

Для участка водопада в оба месяца характерно специфическое сообщество с доминантой комаров-звонцов *Orthocladius gr. saxicola*. В октябре кодоминантами были олигохеты *L. hoffmeisteri* (см. табл. 2, 3). Также в ноябре были значимы ручейники *Rh. hokkaidensis*. Данное сообщество локализовано в куртинах мха обрастающих скалу в русле потока.

При анализе распределения массовых видов макробентоса на участках в пространстве ординационного плота по методу главных компонент два главных абстрактных взаимно перпендикулярных фактора описывают совместно 76,6% дисперсии. Выделяются три основных совокупности как в варианте без вращения, так и при вращении методом “varimax normalized” (рис. 5). Первая (группа А) объединила 10 видов, включая доминировавших амфипод *G. lacustris*. Вторая (группа Б) – 6 видов. Два вида отстоящие в стороне не объединены и условно определены в группу В.

Различия между этими группами отображены на рисунке 6. В группу А объединялись виды наиболее многочисленные на участках выше и ниже водопада в оба месяца, в биотопе скалисто-каменистой кренали – кренофилы.

В группу Б объединялись виды наибольшая плотность которых отмечалась на участке собственно водопада. Эти виды названы нами катарактофилы (от лат./греч. cataracta – водопад): личинки двукрылых насекомых *Eukiefferiella gr. claripennis*, *Eukiefferiella gr. gracei*, *Orthocladius gr. saxicola*, *Psectrocladius (s. str.) zetterstedti*, *Simulium* indet. и малощетинковые черви *L. hoffmeisteri*.

В состав условной группы В вошли два вида поденки *Rh. gr. lepnevae* и ручейники *R. hokkaidensis*. Первый вид в октябре имел тип распределения свойственный для кренофилов, а в ноябре его численность убывала от верхнего створа к нижнему, поэтому её условно можно отнести к кренофилам. А второй тип отличался снижением численности от верхнего участка к нижнему на протяжении двух месяцев.

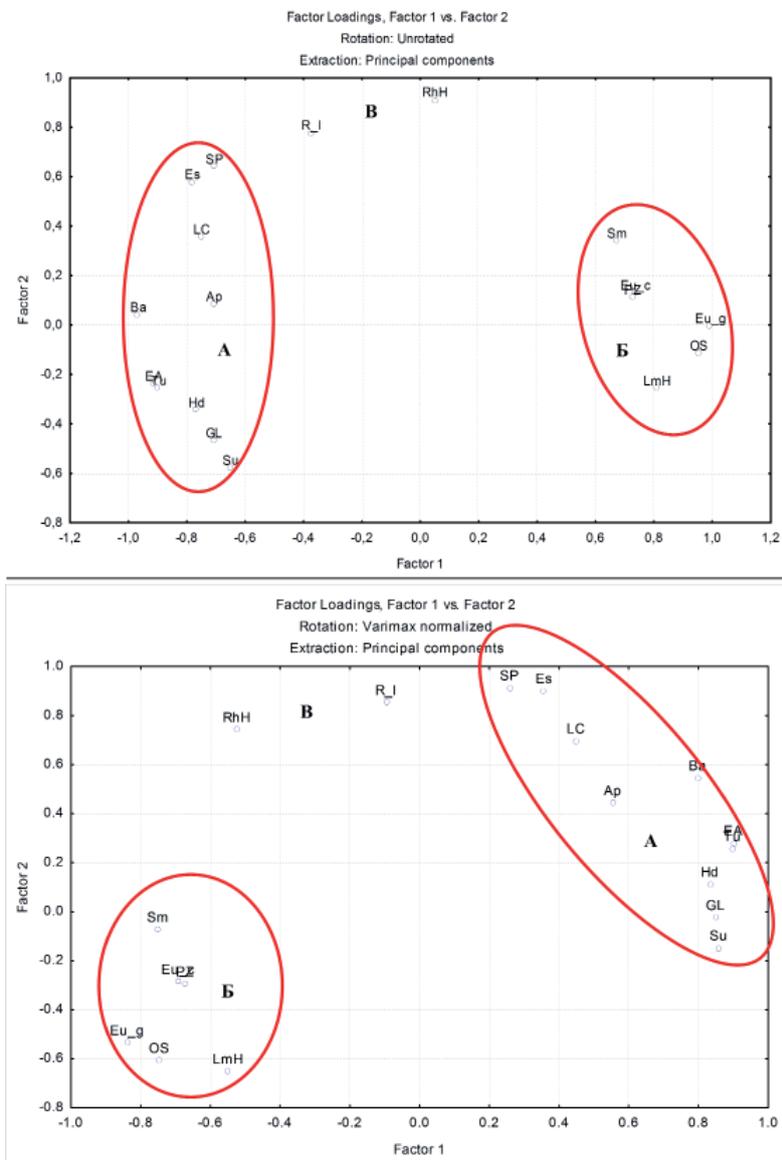


Рис. 5. Ординационный плот сходства массовых видов бентоса методом главных компонент: GL – *Gammarus lacustris*, Es – *Esolus indet.*, Hd – *Hydatophylax indet.*, EA – *Ephemerella (E.) aurivilli*, LC – *Leptophlebia (Neoleptophlebia) chocolata*, Ba – *Baetis (Baetis) indet.*, SP – *Skwala pusilla*, Su – *Suwallia indet.*, Ap – *Apatania indet.*, Tu – *Turbellaria indet.*, Eu_c – *Eukiefferiella gr. claripennis*, Eu_g – *Eukiefferiella gr. gracei*, OS – *Orthocladius (Orthocladius) gr. saxicola*, PZ – *Psectrocladius (s. str.) zetterstedti*, Sm – *Simulium indet.*, LmH – *Limnodrilus hoffmeisteri*, R_l – *Rhithrogena (Rhithrogena) gr. lepnevae*, RhH – *Rhyacophila (Paleorhyacophila) hokkaidensis*

Fig. 5. Ordinal plot of similarity of mass bottom species by the method of principal components: GL – *Gammarus lacustris*, Es – *Esolus indet.*, Hd – *Hydatophylax indet.*, EA – *Ephemerella (E.) aurivilli*, LC – *Leptophlebia (Neoleptophlebia) chocolata*, Ba – *Baetis (Baetis) indet.*, SP – *Skwala pusilla*, Su – *Suwallia indet.*, Ap – *Apatania indet.*, Tu – *Turbellaria indet.*, Eu_c – *Eukiefferiella gr. claripennis*, Eu_g – *Eukiefferiella gr. gracei*, OS – *Orthocladius (Orthocladius) gr. saxicola*, PZ – *Psectrocladius (s. str.) zetterstedti*, Sm – *Simulium indet.*, LmH – *Limnodrilus hoffmeisteri*, R_l – *Rhithrogena (Rhithrogena) gr. lepnevae*, RhH – *Rhyacophila (Paleorhyacophila) hokkaidensis*

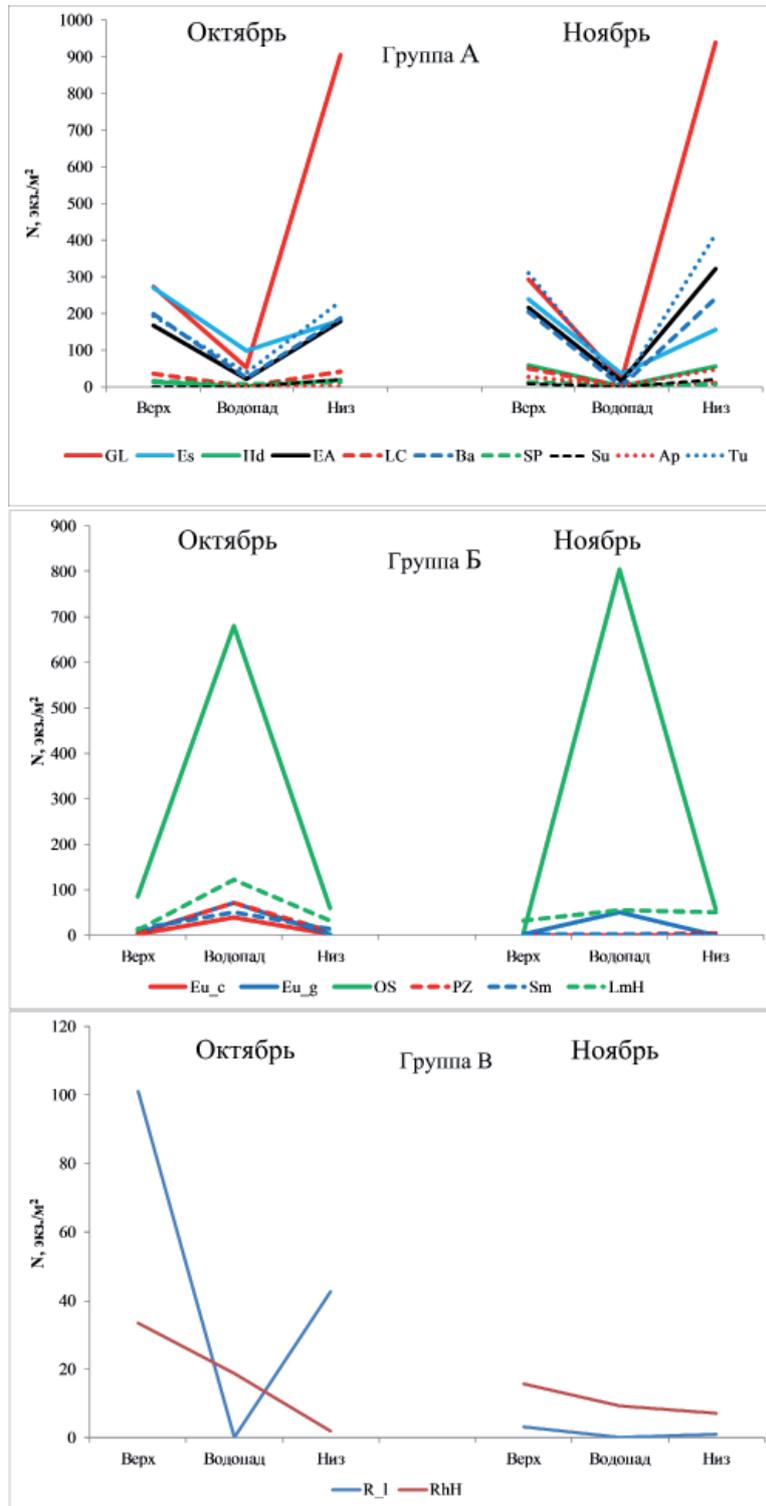


Рис. 6. Распределение плотности массовых видов бентоса по участкам; обозначения, как на рисунке 5

Fig. 6. Distribution of the density of mass bottom species by sites; designations as in figure 5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на трех исследуемых нами участках водопада в видовом составе зафиксировано преобладание амфибиотических насекомых. Основу численности и биомассы выше и ниже водопада в осенний период формировали бокоплавы и поденки, специфичным для нижнего участка являлся бокоплав *Eogammarus barbatus* из-за того, что водопад является естественной границей для гомотопных организмов. На участке самого водопада – личинки двукрылых и малощетинковые черви.

Несмотря на отсутствие специфических видов на участке водопада, наименьшее видовое сходство, которое было зафиксировано здесь, составило 66,7%. Ценоотическое сходство, отмеченное на участках выше и ниже водопада в октябре–ноябре, составило более 75%. Структура донного сообщества на участках выше и ниже водопада аналогична таковой для кренали водотоков о. Сахалин. Здесь доминировали бокоплавы *Gammarus lacustris*. Интегральные показатели обилия были высокими: плотность – 1506–2417 экз./м², биомасса – 4,783–10,961 г/м².

Сообщество на участке собственно водопада является специфичным и отличалось укороченным видовым составом с преобладанием хирономид *Orthocladius* gr. *saxicola* и олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri*. По сравнению с сопредельными участками на участке водопада отмечались низкие показатели численности и биомассы: 1 008–1 341 экз./м², 0,968–1,533 г/м² соответственно.

Выделена группа катарактофилов (виды, предпочитающие водопады), которая включает личинок двукрылых *Eukiefferiella* gr. *claripennis*, *Eukiefferiella* gr. *gracei*, *Orthocladius* gr. *saxicola*, *Psectrocladius* (s. str.) *zetterstedti*, *Simulium* indet. и олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri*.

ЛИТЕРАТУРА

- Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. Продукционная гидробиология. – СПб.: Наука, 2013. – 342 с.
- Атлас Сахалинской области. Часть II. Южная часть острова Сахалин. Масштаб 1:100000. – Хабаровск: ФГУП «Дальневосточное геодезическое предприятие», 2007. – 128 с.
- Богатов В. В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.
- География и мониторинг биоразнообразия : учебное пособие / Н. В. Лебедева, Д. А. Криволуцкий, Ю. Г. Пузаченко и др. – М. : НУМЦ, 2002. – 432 с.
- Голубков С. М. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых : монография. – СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2000. – 294 с.
- Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ : учеб. пособие. – М.: ГУУ, 2003. – 66 с.
- Клитин А. К., Бровко П. Ф., Горбунов А. О. Водопады. – Ю-Сахалинск.: ГБУК Сахалинский областной краеведческий музей, 2013. – 168 с.
- Кучерук Н. В., Савилова Т. А. Количественная и экологическая характеристика донной фауны шельфа и верхнего района североперунского апвеллинга // Биологического Московского общества испытателей природы Отдел биологический – 1985. – Т. 90, вып. 6. – С. 70–79.
- Лабай В.С. Продольное распределение макробентоса в малой лососевой реке о. Сахалин (на примере р. Новоселка) // Гидробиологический журнал. – 2012. – Т. 48. – С. 41–54.
- Лабай В. С., Живоглядова Л. А., Полтева А. В., Мотылькова И. В. и др. Водотоки острова Сахалин: жизнь в текучей воде. – Ю-Сахалинск.: ГБУК Сахалинский областной краеведческий музей, 2015. – 236 с.

Лабай В. С. Сезонная динамика макрозообентоса кренали лесного ручья южного Сахалина // Труды СахНИРО. – 2020. – Том. 16. – С. 159–185.

Максимович Н. В., Погребов В. Б. Анализ количественных гидробиологических материалов: Учебное пособие. – Л.: ЛГУ, 1986. – 97 с.

Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие / Под ред. Т. М. Тиуновой. – М.: ВНИРО, 2003. – 95 с.

Палий В. Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоологический журнал – 1961. – Том. 40, выпуск. 1. – С. 3–6.

Цветкова Н. Л. Прибрежные гаммариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. – Л.: Наука, 1975. – 257 с.

Azovsky A. I., Chertoprud M. V., Kucheruk N. V., Rybnikov P. V. et al. Fractal properties of spatial distribution of intertidal benthic communities // *Marine Biology*. – 2000. – Vol. 136. – P. 581–590.

Baker K., Michael A., Rodzay A., Kahar R. Community structure and ecosystem functions // *Hydrobiologia*. – 2017. – No. 787. – P. 307–322.

Bass D. Freshwater macroinvertebrates and their habitats in Dominica // *Living World, journal of the Trinidad and Tobago naturalists club*. – 2007. – P. 21–30.

Covich A. P., Crowl T. A., Hein C. L., Townsend M. J. et al. Predator–prey interactions in river networks: comparing shrimp spatial refugia in two drainage basins // *Freshwater Biology*. – 2009. – Vol. 54. – Pp. 450–465.

Creed R. P. Predator transitions in stream communities: a model and evidence from field studies // *Journal of the North American benthological society*. – 2006. – Vol. 25. – P. 533–544.

El-Sabaawi R. W., Marshall M. C., Bassar R. D., Lo'pezSepulcre A. et al. Assessing the effects of guppy life history evolution on nutrient recycling: from experiments to the field // *Freshwater Biology*. – 2015. – Vol. 60. – P. 590–601.

Hein C. L., Crowl T. A. Running the predator gauntlet: do freshwater shrimp (*Atya lanipes*) migrate above waterfalls to avoid fish predation? // *Journal of the North American benthological society*. – 2010. – Vol. 29. – P. 431–443.

Karssing R. J., Rivers-Moore N. A., Slater K. Influence of waterfalls on patterns of association between trout and Natal cascade frog *Hadromophryne natalensis* tadpoles in two headwater streams in the uKhahlamba Drakensberg Park World Heritage Site, South Africa // *African journal of aquatic science*. – 2012. – Vol. 37. – P. 107–112.

Offem O. B., Ikpi U. G. Distribution and dynamics of a tropical waterfalls ecosystem // *International journal of ecosystem*. – 2012. – No. 2 (1). – P. 28–37.

Приложение

**Видовой состав макрозообентоса малого прибрежного водопада острова
Сахалин в осенний период 2020 г.**

Appendix

**List of species of the macrozoobenthos of the small coastal waterfall
of Sakhalin Island in the autumn period of 2020**

Вид	Группа	Верх октябрь	Водопад октябрь	Низ октябрь	Верх ноябрь	Водопад ноябрь	Низ ноябрь
<i>Eogammarus barbatus</i> (Tzvetkova, 1965)	Amphipoda	–	–	+	–	–	+
<i>Gammarus lacustris</i> Sars, 1863	Amphipoda	+	+	+	+	+	+
<i>Euglesa</i> indet.	Bivalvia	–	–	–	+	–	–
<i>Esolus</i> indet. (larv.)	Coleoptera	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratopogonidae</i> indet. (larv.)	Diptera	+	+	–	–	–	–
<i>Dicranota</i> indet. (larv.)	Diptera	+	+	–	+	–	+
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>claripennis</i> (larv.)	Diptera	+	+	+	–	–	–
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i> (larv.)	Diptera	+	+	+	+	+	–
<i>Eukiefferiella</i> indet. (pup.)	Diptera	–	+	+	–	–	–
<i>Hexatoma</i> indet. (larv.)	Diptera	+	–	+	+	+	+
<i>Orthocladius</i> (<i>Orthocladius</i>) gr. <i>saxicola</i> (larv.)	Diptera	+	+	+	+	+	+
<i>Orthocladius</i> indet. (pup.)	Diptera	–	+	–	–	–	–
<i>Simulium</i> indet. (larv.)	Diptera	+	+	+	+	+	–
<i>Psectrocladius</i> (s. str.) <i>zetterstedti</i> Brundin, 1949 (larv.)	Diptera	+	+	+	+	+	+
<i>Tanytarsus</i> indet. (larv.)	Diptera	+	–	+	+	–	+
<i>Telmatopelopia</i> <i>nemorum</i> (larv.)	Diptera	–	–	–	+	–	–
<i>Ameletus</i> indet. (larv.)	Ephemeroptera	+	–	+	–	–	–
<i>Ameletus</i> gr. <i>costalis</i> (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	+	+
<i>Baetis</i> (<i>Baetis</i>) indet. (larv.)	Ephemeroptera	+	+	+	+	–	+
<i>Ecdyonurus aspersus</i> Kluge, 1980 (larv.)	Ephemeroptera	+	+	+	+	–	+
<i>Epeorus</i> indet. (larv.)	Ephemeroptera	+	–	+	–	–	–
<i>Epeorus belovius</i> Tshernova, 1981	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	–
<i>Ephemerella</i> (<i>E.</i>) <i>aurivilli</i> Bengtsson, 1908 (larv.)	Ephemeroptera	+	+	+	+	+	+
<i>Ephemerella</i> (<i>Drunella</i>) <i>aculea</i> Allen, 1971 (larv.)	Ephemeroptera	–	–	+	+	–	+

Вид	Группа	Верх октябрь	Водопад октябрь	Низ октябрь	Верх ноябрь	Водопад ноябрь	Низ ноябрь
<i>Ephemerella (Torleya) ignita</i> (Poda, 1761) (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	+
<i>Ephemerella</i> indet. (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	–
<i>Ephemera sachalinensis</i> Matsumura, 1931 (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	–
<i>Ephemera strigata</i> Eaton, 1892 (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	+
<i>Ephemera</i> indet. (larv.)	Ephemeroptera	–	–	–	+	–	–
<i>Rhithrogena (Cinygmula) kurenzovi</i> Bajkova, 1965 (larv.)	Ephemeroptera	+	+	–	–	–	–
<i>Rhithrogena (Rhithrogena) gr. lepnevae</i> (larv.)	Ephemeroptera	+	–	+	+	–	+
<i>Leptophlebia (Neoleptophlebia) chocolata</i> (Imanishi, 1937) (larv.)	Ephemeroptera	+	–	+	+	–	+
<i>Haploutaxis gordioides</i> Hartmann, 1821	Oligochaeta	–	–	+	–	–	–
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède, 1862	Oligochaeta	+	+	+	+	+	+
<i>Lumbriculidae</i> sp.	Oligochaeta	+	–	–	–	–	+
<i>Specaria josinae</i> Vejdovsky, 1883	Oligochaeta	–	+	+	–	–	+
<i>Spirosperma velutinus</i> (Grube, 1879)	Oligochaeta	+	–	+	+	–	–
<i>Capnia</i> indet. (larv.)	Plecoptera	–	+	+	+	+	+
<i>Megarcys</i> indet. (larv.)	Plecoptera	–	–	–	+	–	+
<i>Nemoura</i> indet. (larv.)	Plecoptera	+	–	+	–	–	–
<i>Skwala pusilla</i> Klapalek, 1912 (larv.)	Plecoptera		+	+	+	+	+
<i>Suwallia</i> indet. (larv.)	Plecoptera	+	–	+	+	–	+
<i>Sweltsa</i> indet. (larv.)	Plecoptera	–	–	+	+	–	+
<i>Apatania</i> indet. (larv.)	Trichoptera	+	–	–	+	+	+
<i>Ceratopsyche orientalis</i> Martynov, 1934 (larv.)	Trichoptera	+	–	–	–	–	–
<i>Hydatophylax</i> indet. (larv.)	Trichoptera	+	–	+	+		+
<i>Glossosoma</i> indet. (larv.)	Trichoptera	+	–	–	+	–	–
<i>Goera</i> indet. (larv.)	Trichoptera	–	–	–	+	–	+
<i>Rhyacophila (Paleorhyacophila) hokkaidensis</i> Iwata, 1927 (larv.)	Trichoptera	+	+	+	+	+	+

Вид	Группа	Верх октябрь	Водопад октябрь	Низ октябрь	Верх ноябрь	Водопад ноябрь	Низ ноябрь
<i>Rhyacophila</i> (<i>Mesorhyacophyla</i>) indet. (larv.)	Trichoptera	+	-	-	+	-	+
<i>Rhyacophila</i> indet. (larv.)	Trichoptera	+	-	-	+	-	-
<i>Turbellaria</i> indet.	Turbellaria	+	+	+	+	+	+