

**ДОННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ И ПИГМЕНТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕРИФИТОНА
ВОДОТОКОВ ЗАКАЗНИКА «АИСТИНЫЙ»
(ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)**

Н.М. Яворская

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Дикопольцева, 56, г. Хабаровск, 680000, Россия.

E-mail: yavorskaya@iver.as.khb.ru

ФГБУ «Заповедное Приамурье», ул. Серышева, 60, г. Хабаровск, 680038, Россия.

В работе представлены результаты комплексного исследования водорослей перифитона и зообентоса водотоков заказника «Аистиный» (Хабаровский край). Приводятся сведения о содержании хлорофиллов *a*, *b*, *c* и каротиноидов водорослей перифитона, таксономическом составе и количественных характеристиках донных беспозвоночных. Выполнена оценка экологического состояния, и определен трофический статус рек по пигментным характеристикам водорослей перифитона и зообентосу.

**BOTTOM INVERTEBRATES AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS
OF PERIPHYTON ALGAE OF WATER COURSES OF THE AISTNYI
RESERVE (Khabarovsk Territory)**

N.M. Yavorskaya

Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, 56 Dikopoltsev Str., Khabarovsk, 680000, Russia.

E-mail: yavorskaya@iver.as.khb.ru

Federal State Budgetary Institution «Zapovednoe Priamurye», 60 Seryshev Str., Khabarovsk 680038, Russia

The paper presents the results of simultaneous studies of photosynthetic pigments of periphyton algae and zoobenthos of watercourses of the Aistiny Nature Reserve (Khabarovsk Krai). Information is provided on the content of chlorophylls *a*, *b*, *c* and carotenoids of periphyton algae, taxonomic composition and quantitative characteristics of benthic invertebrates. An assessment of the ecological state was made and the trophic status of rivers was determined based on the pigment characteristics of periphyton algae and zoobenthos.

Введение

Государственный природный заказник краевого значения «Аистиный» был создан в 2010 г. на площади 191,3 га в междуречье рек Хор и – Подхоренок на территории Вяземского муниципального района и муниципального района имени Лазо Хабаровского края для сохранения и восстановления популяции дальневосточного аиста, находящегося под угрозой исчезновения. Обширные низменные пространства междуречья заняты сфагновыми, сфагново-кустарниковыми, кустарничково-сфагновыми, сырыми травяными болотами, осоковыми, вейниковыми и разнотравно-вейниковыми лугами, прерываемыми березовыми, березово-осиновыми, березово-лиственничными колками с участием дуба монгольского, ильма, кустарничково-разнотравно-злаковыми суходольными лугами, занимающими

наиболее высокие участки – речные повышения, а также марями. Вдоль русел притоков рек Хор и Подхоренок узкими полосами распространены ивовые, ивово-тополевые, ольховые, белоберезово-ольховые леса. Через территорию заказника проходят три высоковольтные ЛЭП и две магистрали трубопроводов ОАО «Газпром» и ОАО «Транснефть» (Пронкевич и др., 2021).

В водных объектах население состоит из нескольких экологических групп, к числу которых относятся зообентос и водоросли перифитона, и роль их особенно важна в пищевых сетях очень малых рек, поскольку планктон здесь относительно беден. Перифитон и бентос занимают разные пространственные ниши, однако имеют сходство по ряду характеристик и иногда невозможно провести между ними границу (Скальская и др., 2008). Водоросли перифитона, развивающиеся на камнях и макрофитах, – основные первичные продуценты в речных экосистемах предгорного типа. Известно много работ по изучению биомассы и пигментных показателей водорослей перифитона в водотоках США, Канады, Швейцарии, Новой Зеландии, Японии, Франции, России и стран СНГ (Беляева, 2017). Однако пигментные характеристики водорослей перифитона в водотоках Дальнего Востока России изучены недостаточно (Сиротский, 2008, 2014; Сиротский и др. 2011; Яворская, Климин, 2019, 2021, 2023). Исследования фотосинтетических пигментов водорослей перифитона рек заказника «Аистиный» проведено впервые.

В результате утилизации первичной продукции гетеротрофными организмами происходит образование органических веществ, входящих в состав их тел, или вторичной продукции (Алимов, 1989). Беспозвоночные выполняют значимую роль в пищевых сетях, являясь основой кормовой базы многих видов позвоночных (Яворская, 2020). До настоящего времени донные сообщества во многих типах водотоков и водоемов остаются малоизученными, включая и большинство водных объектов заказника «Аистиный». Данные о донных беспозвоночных некоторых рек заказника приведены в ряде публикаций (Леванидов, Леванидова, 1981; Леванидова, 1982; Яворская, 2021).

Цель работы – оценить экологическое состояние и трофический статус рек заказника «Аистиный» по зообентосу и пигментным характеристикам водорослей перифитона.

Характеристика исследованных рек

Река Хор берет начало в отрогах осевого хр. Сихотэ-Алиня, пересекает западную часть горной системы, прорывая на своем пути ряд горных цепей и гряд, после чего выходит на Среднеамурскую равнину, где впадает в р. Уссури справа на 65-м км от ее устья. Длина р. Хор 453 км, площадь водосбора 24700 км², общее падение 982 м, средний уклон 2,2 ‰. Бассейн реки имеет хорошо развитую речную сеть и резко выраженное асимметрическое строение, более развита его левая сторона (80 % общей площади). Климат муссонный. Основное количество осадков выпадет в весенне-летний период. Среднегодовое количество осадков составляет 386 мм/год, что соответствует модулю стока 15,6 л/с км². В весенне-летний период проходит 84 % стока, в осенне-зимний – 16 %. По химическому составу вода р. Хор относится к гидрокарбонатному классу с преобладанием HCO₃. Ее общая минерализация изменяется в пределах от 23 до 100 мг/л, а общая жесткость – 0,28 до 0,51 мг-экв (Мордовин, 1996, Шабалин, 1966). Вода чистая прозрачная, без запаха. Грунт дна представлен разноразмерной галькой и песком. Температура воды в период исследований составляла 20 °С.

Река Аскан (Оскан) с левого берега впадает в р. Хор в 30 км от устья. Протяженность реки 22 км. Площадь водосбора 98,5 км². Река имеет два притока общей протяженностью 8 км. На водосборе находятся шесть озер с водосборной площадью 0,88 км² (Шабалин, 1966). Грунт дна каменистый, местами встречается галька и камни с примесью песка. Вода имеет светло-желтый цвет. Температура воды в июле в период проведения работ была 22 °С.

Река Подхоронок впадает в р. Усури с правого берега в 72 км от устья. Длина водотока 112 км. Площадь водосбора 2810 км² (Шабалин, 1966). Дно песчаное, местами с илом и примесью детрита. Температура воды в июле составляла 22 °С. Цвет воды светло-желтый, вода прозрачная.

Река Гольда, длиной 65 км, впадает в р. Подхоронок с правого берега в 44 км от устья. Площадь водосбора 748 км² (Шабалин, 1966). Дно около автодорожного моста сложено камнями и галькой с примесью песка, на плесах – крупным песком, илом, местами с глиной и примесью детрита. Температура воды в период проведения работ составляла 20 °С. Цвет воды темно-желтый. Известно, что воды, вытекающие из болот, маломинерализованы и содержат много органических веществ гумусового происхождения, вследствие чего вода окрашена в желтый, а иногда даже в коричневый цвет (Никаноров, 2001).

Материал и методика

Материалом для нашей работы послужили сборы водорослей перифитона и зообентоса в водотоках заказника «Аистиный» 12 июля 2023 г. Водоросли перифитона счищали щеткой с гальки и камней в кювету с определенным объемом воды, которые отбирали с глубины 0,1–0,5 м методом случайной выборки. Площадь гальки и камней рассчитывали по их проекции на бумаге весовым методом. Пробы бентоса брали складным бентометром с площадью захвата 0,063 м². Имаго амфибиотических насекомых ловили энтомологическим сачком. Количественные пробы фиксировали 4 %-м формалином, качественные и имагинальные – 96 %-м этанолом. Отбор и обработку проб выполняли по стандартным методикам (Богатов, Федоровский, 2017; ГОСТ 17.1.4.02–90, Климин, Сиротский, 2005; Тиунова, 2003). Всего собрано и обработано четыре пробы водорослей перифитона, 26 количественных проб донных беспозвоночных и четыре качественные, две пробы имаго амфибиотических насекомых.

Измерения концентраций пигментов проводили с помощью спектрофотометра UV mini-1240 фирмы Shimadzu на базе центра коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН. Концентрацию хлорофиллов *a* (С хл *a*), *b* (С хл *b*), *c* (С хл *c*), каротиноидов (С *k*), пигментный индекс ($I_{430/664}$) и пигментное отношение ($O_{480/664}$) рассчитывали по соответствующим формулам (ГОСТ 17.1.4.02-90; Jeffrey, Humphrey, 1975; Margalef, 1960; Watson, Osborne, 1979). Расчет первичной продукции под 1 м² и определение трофического статуса рек проведены по Винбергу (1960). Таксономическую идентификацию беспозвоночных осуществляли по определителям Алексеев, Цалолихин (2016), Лелей (2006), Цалолихин (1994, 1997, 2000–2001, 2004). Группы организмов, составившие 15 % и более от общей плотности или биомассы, отнесены к категории доминантов (Леванидов, 1977). Для оценки качества вод использовали индекс Гуднайта и Уитли (GW, %), биотический индекс Вудивисса (ТВІ, баллы), хирономидный индекс Балускиной (ІВ) (ГОСТ 17.1.3.07-82; Семенченко, 2004). Для определения индекса общности видового разнообразия зообентоса в исследуемых реках применяли коэффициент Серенсена (Лебедева и др., 1999).

Результаты

Фотосинтетические пигменты водорослей перифитона. Ежегодно на планете трижды обновляется 300 млн т хлорофилла, синтезируется около 100 млн т каротиноидов. Хлорофиллы и каротиноиды ответственны за поглощение, передачу и преобразование световой энергии в фотосинтезе (Дымова, Головки, 2019). Пигментные характеристики водорослей перифитона водотоков заказника «Аистиный» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Пигментный состав водорослей перифитона в водотоках заказника «Аистиный»

Река	С хл <i>a</i> , мг/м ²	С хл <i>b</i> , мг/м ²	С хл <i>c</i> , мг/м ²	С <i>k</i> / С хл <i>a</i>	O _{480/664}	I _{430/664}
Подхоренок	21,6	7,2	5,7	0,5	0,5	2,2
Аскан	30,5	6,0	3,4	0,3	0,3	1,8
Гольда	102,1	9,1	9,1	0,4	0,5	1,9
Хор	11,4	2,0	2,2	0,4	0,4	1,9

В водотоках заказника в составе фотосинтетических пигментов водорослей перифитона преобладал хлорофилл *a*. Максимальные его значения характерны для р. Гольда, имеющей насыщенный темно-коричневый цвет воды. Хлорофилл *b* в реках Подхоренок и Аскан отмечен в большем количестве, чем хлорофилл *c*, отражал присутствие зеленых и эвгленовых водорослей. Относительное содержание хлорофилла *a*, в среднем, достигало 79 % от суммы хлорофиллов (*a* + *b* + *c*), что служит признаком физиологического благополучия водорослей перифитона. Каротиноиды в процессе поглощения световой энергии играют важную роль в защите фотосинтетического аппарата (Дымова, Головки, 2019). Содержание каротиноидов в водорослях перифитона варьировало в широких пределах, и было ниже содержания хлорофилла *a*. Значения пигментного отношения составляли 0,3–0,5 (средняя 0,4), пигментного индекса – 1,8–2,2 (2,0) характеризовали нормальное физиологическое состояние водорослей перифитона в изучаемый период. Все перечисленные соотношения показателей перифитона исследуемых водотоков находятся в пределах известных для рек горного типа (Сиротский, Медведева, 1996).

Годовые показатели продукции для р. Хор составляли 199 гС/м² или 2327 ккал/м² и соответствовали эвтрофному типу. Для р. Подхоренок годовые показатели продукции перифитона соответствовали 378 гС/м² или 4418 ккал/м², для р. Аскан – 534 гС/м² или 6243 ккал/м², а для р. Гольда – 1790 гС/м² или 20 938 ккал/м², что указывало на гиперэвтрофный тип этих водотоков.

Фаунистический состав и структура донных беспозвоночных. В составе донной фауны водотоков заказника «Аистиный» установлено 105 таксонов, относящихся к 11 отрядам и восьми классам из пяти типов беспозвоночных, среди которых преобладали амфибиотические насекомые, главным образом Chironominae (табл. 2).

Фаунистический список отряда Ephemeroptera включал 19 видов из 14 родов, 8 семейств; отряда Plecoptera – 6 видов из 6 родов, 4 семейств; отряда Trichoptera – 14 видов из 12 родов 8 семейств; семейства Chironomidae – 26 таксон из 18 родов и 3 подсемейств. Постоянными обитателями являлись Chironomidae, Oligochaeta, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata и Mollusca, среди которых часто встречались виды *B. (B.) fuscatus*, *D. (Demicryptochironomus) vilneratus*, *Thienemanniella* gr. *clavicornis*, *Microtendipes* gr. *rydalensis*, *R. (R.) pauciseta*. Единично отмечены виды из семейств Valvatidae, Hydropsychidae и др. К интересным находкам относились

Таблица 2

Донные беспозвоночные водотоков заказника «Аистиный»

Названия организмов	Реки			
	Аскан	Гольда	Подхоренок	Хор
1	2	3	4	5
Тип Plathelminthes				
Класс Turbellaria				
Отряд Tricladida				
Tricladida indet.	–	+	–	–
Тип Nemathelminthes				
Класс Nematoda				
Nematoda indet.	+	+	+	–
Тип Annelida				
Класс Oligochaeta				
Семейство Lumbriculidae				
Lumbriculidae indet.	+	+	+	+
Семейство Naididae				
Naididae indet.	+	+	–	+
Семейство Tubificidae				
Tubificidae indet.	+	+	+	+
Класс Hirudinea				
Hirudinea indet.	+	–	–	+
Тип Arthropoda				
Класс Arachnida				
Отряд Acariformes				
Фаланга Hydrachnidae	+	–	–	–
Класс Malacostraca				
Отряд Isopoda				
Семейство Asellidae				
<i>Asellus hilgendorfi</i> Bovallius, 1886	+	+	–	–
Отряд Amphipoda				
Семейство Gammaridae				
<i>Gammarus</i> sp.	–	+	–	+
Класс Insecta				
Отряд Odonata				
Семейство Caloprerygidae				
<i>Calopteryx</i> sp.	–	+	–	–
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	–	–	+	–
Семейство Corduliidae				
Corduliidae indet. 1	–	–	+	–
Corduliidae indet. 2	–	–	+	–
Семейство Gomphidae				
Gomphidae indet. 1	–	+	–	+
Gomphidae indet. 2	–	–	+	–
Gomphidae indet. 3	–	–	+	–
Odonata indet.	+	–	–	–
Отряд Ephemeroptera				
Семейство Baetidae				
<i>Baetis (Baetis) fuscatus</i> Linnaeus, 1834	+	+	+	+

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Baetis (Baetis) vernus</i> Curtis, 1834	–	+	–	–
Семейство Caenidae				
<i>Caenis maculata</i> (Tshernova, 1952)	+	–	–	–
<i>Caenis rivulonim</i> Eaton, 1884	–	–	+	–
<i>Caenis</i> sp.	–	–	+	–
Семейство Ephemerellidae				
<i>Drunella cryptomeria</i> (Imanishi, 1937)	–	–	–	+
<i>Ephemerella (Zonadia) kozhovi</i> Bajkova, 1967	+	–	+	–
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	–	+	–	+
<i>Teloganopsis lenoki</i> (Tshemova, 1952)	–	–	–	+
Семейство Ephemeridae				
<i>Ephemera strigata</i> Eaton, 1892	–	+	+	–
Семейство Heptageniidae				
<i>Ecdyonurus (Atopopus) abracadabrus</i> Kluge, 1983	–	+	–	+
<i>Ecdyonurus</i> sp.	–	–	+	–
<i>Epeorus (Belovius) pellucidus</i> (Brodsky, 1930)	–	–	–	+
<i>Epeorus</i> sp.	–	–	+	+
<i>Heptagenia (Heptagenia) flava</i> Rostock, 1878	–	–	+	+
<i>Rhithrogena lepnevae</i> Brodsky, 1930	–	–	–	+
Семейство Leptophlebiidae				
<i>Leptophlebia (Leptophlebia)</i> sp.	–	–	+	–
Семейство Polymitarcyidae				
<i>Ephoron shigae</i> (Takahasi, 1924)	–	–	+	+
Семейство Potamanthidae				
<i>Potamanthus luteus oriens</i> Bae et McCafferty, 1991	+	–	+	–
Отряд Coleoptera				
Семейство Elmidae				
Elmidae indet.	–	+	–	+
Семейство Psephenidae				
Psephenidae indet.	–	+	–	–
Coleoptera indet. 1	–	–	+	–
Coleoptera indet. 2	–	–	+	–
Отряд Plecoptera				
Семейство Chloroperlidae				
<i>Sweltsa</i> sp.	–	–	–	+
Семейство Perlidae				
<i>Agnetina extrema</i> (Navas, 1912)	–	+	–	–
<i>Neoperla ussurica</i> Sivec et Zhiltzova, 1996	–	–	+	–
<i>Oyamia nigribasis</i> Banks, 1920	–	–	–	+
Семейство Perlodidae				
<i>Pictetiella zwicky</i> Zhiltzova, 1976	–	–	–	+
Семейство Pteronarcyidae				
<i>Pteronarcys reticulata</i> (Burmeister, 1839)	–	–	–	+
Отряд Trichoptera				
Семейство Apataniidae				
<i>Apatania zonella</i> (Zetterstedt, 1840)	–	–	+	+

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Семейство Arctopsychidae				
<i>Arctopsyche palpata</i> Martynov, 1934	–	+	–	+
Семейство Ecnomidae				
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	–	–	+	–
Семейство Hydropsychidae				
<i>Ceratopsyche orientalis</i> (Martynov, 1934)	+	–	–	–
<i>Marcostemum radiatum</i> (MacLachlan, 1872)	–	+	+	–
Семейство Leptoceridae				
<i>Ceraclea</i> sp.	–	–	–	+
<i>Mystacides bifidus</i> Martynov, 1924	–	–	+	–
<i>Setodes</i> sp.	–	+	–	–
Leptoceridae indet.	+	–	+	–
Семейство Limnephilidae				
<i>Ecclisomyia kamtshatica</i> Martynov, 1914	–	–	–	+
<i>Onocosmoecus unicolor</i> (Banks, 1897)	–	+	–	–
Семейство Molannidae				
<i>Molanna angustata</i> Curtis, 1834	–	+	–	–
Семейство Rhyacophilidae				
<i>Rhyacophila impar</i> Martynov, 1914	–	–	–	+
<i>Rhyacophila</i> sp.	+	–	–	–
Отряд Lepidoptera				
Lepidoptera indet.	+	+	–	–
Отряд Diptera				
Семейство Tipulidae				
Tipulidae indet.	–	–	–	+
Семейство Limoniidae				
<i>Hexatoma</i> sp.	–	–	+	+
Limoniidae indet.	–	–	+	–
Семейство Blephariceridae				
<i>Neohapalothrix manschukuensis</i> (Mannheims, 1938)	–	–	–	+
Семейство Simuliidae				
Simuliidae indet.	+	+	–	–
Семейство Ceratopogonidae				
Ceratopogonidae indet.	–	+	+	+
Семейство Chironominae				
Подсемейство Tanypodinae				
<i>Natarsia</i> sp.	–	+	–	+
<i>Procladius</i> sp.	–	+	–	–
<i>Rheopelopia</i> sp.	+	+	+	–
Tanypodinae indet.	–	+	+	–
Подсемейство Orthocladiinae				
<i>Corynoneura</i> gr. <i>carriana</i>	–	–	–	+
<i>Cricotopus</i> gr. <i>bicinctus</i>	–	+	+	–
<i>Cricotopus</i> gr. <i>cylindraceus</i>	+	–	–	–
<i>Cricotopus</i> gr. <i>tremulus</i>	–	+	–	+
<i>Rheocricotopus</i> (<i>Psilocricotopus</i>) <i>nigrus</i> Wang et Zheng, 1989	–	+	–	–

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Rheocricotopus (Rheocricotopus) pauciseta</i> Sæther, 1969	+	+	+	
<i>Thienemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>	+	+	+	+
Подсемейство Chironominae				
<i>Chironomus</i> sp.	–	–	–	+
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>vanderwulpi</i>	–	–	+	
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	–	–	–	+
<i>Demicryptochironomus (Demicryptochironomus) vilneratus</i> (Zetterstedt, 1838)		+	+	+
<i>Dicrotendipes lobiger</i> (Kieffer, 1921)	+	–	–	–
<i>Dicrotendipes</i> sp.	–	+	–	–
<i>Microtendipes</i> gr. <i>rydalensis</i>	+	+	+	+
<i>Polypedilum (Tripodura) acifer</i> Townes, 1945	–	+	–	–
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schrank, 1803)	–	+	+	+
<i>Polypedilum</i> sp.	–	–	–	+
<i>Rheotanytarsus pentapoda</i> (Kieffer, 1909)	+	–	–	–
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	+	–	–	–
<i>Sergentia baueri</i> Wülker et al., 1998	–	+	–	–
<i>Stempellinella edwardsi</i> Spies, Sæther, 2004	–	–	+	–
<i>Tanytarsus</i> sp.	–	+	+	–
Семейство Tabanidae				
<i>Hybomitra</i> sp.	–	+	–	–
Семейство Athericidae				
<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	–	–	–	+
Семейство Empididae				
<i>Wiedemannia</i> sp.	–	+	–	–
Тип Mollusca				
Класс Bivalvia				
Семейство Pisidiinae				
<i>Pisidium</i> sp.	–	+	+	–
Семейство Schaeriidae				
Sphaeriidae indet.	–	+	+	–
Sphaeriidae indet.	+	–	–	–
Класс Gastropoda				
Семейство Acroloxidae				
<i>Acroloxus</i> sp.	+	–	–	–
Семейство Bellamyidae				
<i>Cipangopaludina</i> sp.	–	+	+	–
Bellamyidae indet.	+	–	–	–
Семейство Pachychilidae				
<i>Juga</i> sp.	–	–	–	+
Семейство Planorbidae				
Planorbidae indet.	+	–	–	–
Семейство Valvatidae				
Valvatidae indet.	–	+	–	–
Семейство Acroloxidae				
Acroloxidae indet.	–	+	–	–
Всего	29	48	44	42

виды *O. nigribasis*, *T. lenoki*, *O. unicolor*, *M. angustata*, *M. bifidus*. Наибольшее количество таксонов обнаружено в р. Гольда, среди которых обильным числом видов были представлены Chironomidae (16 видов), а также рек Подхоренок и Хор, где преобладали Chironomidae (11 и 10) и Ephemeroptera (11 и 10), что связано, главным образом, с характером биотопов.

Для оценки фаунистического сходства донных беспозвоночных в реках был проведен кластерный анализ с использованием коэффициента биоценотического сходства Серенсена (рис. 1).

Согласно расчетам, фауна рек Гольда и Подхоренок имеет самый высокий уровень сходства 0,42 и объединяется в кластер, к которому на уровне сходства 0,36 присоединяется р. Хор (рис. 1). Далее последовательно к фауне р. Хор на уровне сходства 0,31 примыкает относительно обособленная фауна р. Аскан, имеющая небольшое количество общих видов.

Зообентос водотоков заказника «Аистиный» представлен 23 систематическими группами организмов (табл. 3).

Количественное преимущество в бентосе всех рек заказника принадлежало Trichoptera, они определяли 23,5 % плотности и 17,4 % биомассы. Их плотность в реках составляла 34730 экз./м², биомасса – 74,5 г/м². Chironomidae (38,1 %) и Oligochaeta (16,6 %) доминировали только по плотности и Mollusca (63,7 %) по биомассе. Плотность Chironomidae, Oligochaeta и Mollusca составляла, соответственно, 56459 экз./м², 24556 экз./м² и 8821 экз./м², биомасса – 9,9 г/м², 8,4 г/м² и 273,5 г/м². Субдоминантов представляли Ephemeroptera (10,8 % и 6,5 %) по обоим количественным показателям, и к ним вошли Mollusca (6,0 %) по плотности. К разряду второстепенных относились Amphipoda (1,5 % и 1,9 %) по плотности и биомассе, и к ним примкнули Chironomidae (2,3 %), Odonata (2,6 %), Oligochaeta (1,9 %) и Plecoptera (2,0 %) по биомассе.

В р. Гольда отмечен наибольший группой состав и количественные показатели бентоса, что связано с различными биотопами в месте проведения исследований. Так, ниже автодорожного моста на насыпном каменистом грунте был сформирован пережат, на котором в массе развивались водоросли перифитона и реофильные донные беспозвоночные, выше автодорожного моста река имела

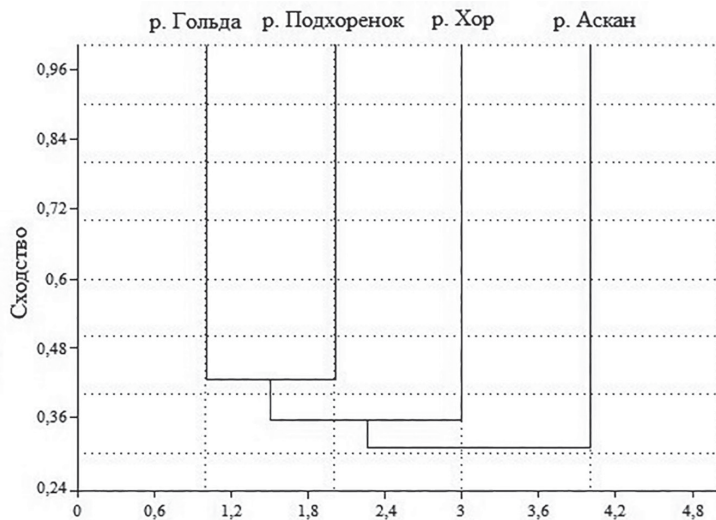


Рис. 1. Дендрограмма сходства фауны донных беспозвоночных в водотоках заказника «Аистиный» (UPGMA, I_{cs})

Таблица 3

Структурная характеристика сообществ донных беспозвоночных (в числителе – средняя плотность N , экз./м², в знаменателе – средняя биомасса B , г/м²) и показатели качества вод водотоков заказника «Аистиный»

Группа зообентоса	р. Хор		р. Аскан		р. Подхоренок		р. Гольда	
	N/B	N/B, %	N/B	N/B, %	N/B	N/B, %	N/B	N/B, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Структура зообентоса								
Tricladida	—	—	—	—	—	—	2	<0,1
	—	—	—	—	—	—	<0,1	<0,1
Nematoda	—	—	72	0,5	2	0,1	9	0,1
	—	—	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oligochaeta	61	2,0	1784	12,4	167	12,0	2684	21,9
	<0,1	0,3	0,8	3,6	<0,1	0,8	0,9	2,3
Hirudinea	1,3	<0,1	16	0,1	—	—	—	—
	<0,1	0,1	<0,1	0,2	—	—	—	—
Hydrachnidae	—	—	8	0,1	—	—	—	—
	—	—	<0,1	<0,1	—	—	—	—
Asellidae	—	—	528	3,7	—	—	23	0,2
	—	—	0,6	2,8	—	—	<0,1	0,1
Amphipoda	220	7,3	—	—	—	—	125	1,0
	1,0	12,7	—	—	—	—	0,3	0,8
Odonata	1	<0,1	8	0,1	9	0,7	35	0,3
	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,7	11,5	0,5	1,2
Ephemeroptera	1213	40,2	312	2,2	448	32,4	454	3,7
	2,6	32,5	0,6	2,4	0,5	7,3	0,9	2,4
Coleoptera	5,3	0,2	—	—	1	0,1	3	<0,1
	<0,1	0,1	—	—	—	—	<0,1	<0,1
Plecoptera	93	3,1	—	—	3	0,3	53	0,4
	1,1	14,0	—	—	<0,1	0,2	0,2	0,6
Trichoptera	169	5,6	1584	11,0	45	3,3	4293	35,0
	0,2	2,2	7,3	31,0	<0,1	0,4	8,4	22,1
Lepidoptera	—	—	128	0,9	—	—	39	0,3
	—	—	0,1	0,6	—	—	0,1	0,3
Tipulidae	8	0,3	—	—	—	—	—	—
	<0,1	0,4	—	—	—	—	—	—
Limoniidae	9	0,3	—	—	3	0,2	—	—
	<0,1	0,5	—	—	<0,1	0,6	—	—
Blephariceridae	5	0,2	—	—	—	—	—	—
	<0,1	0,4	—	—	—	—	—	—
Athericidae	13	0,4	—	—	—	—	—	—
	0,2	2,5	—	—	—	—	—	—
Simuliidae	—	—	576	4,0	—	—	8	0,1
	—	—	0,5	2,0	—	—	<0,1	<0,1
Ceratopogonidae	3	0,1	—	—	8	0,6	22	0,2
	<0,1	<0,1	—	—	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Chironomidae	1181	39,2	7880	54,7	671	48,5	3747	30,5
	0,2	2,2	1,4	6,0	0,1	1,6	0,7	1,9
Tabanidae	—	—	—	—	—	—	3	<0,1
	—	—	—	—	—	—	0,1	0,2

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Empididae	–	–	–	–	–	–	5	<0,1
	–	–	–	–	–	–	<0,1	<0,1
Mollusca	29	1,0	1504	10,4	27	1,9	763	6,2
	2,6	32,1	12,1	51,4	4,8	77,5	25,8	68,1
В среднем	3015	100	14400	100	1385	100	12267	100
	8,0	100	23,5	100	6,2	100	38,0	100
Всего групп	15		12		11		17	
Показатели качества вод								
GW, %	2		12		10		23	
TBI, баллы	9		8		8		9	
IB	1,17		0,486		2,65		0,531	
Классы качества вод	I (очень чистые) II (чистые) III (умеренно-загрязненные)		I (очень чистые) II (чистые) II (чистые)		I (очень чистые) II (чистые) III (умеренно-загрязненные)		II (чистые) II (чистые) II (чистые)	

равнинный характер, грунт дна в 1–2 м от берега илисто-песчаный с водорослевыми обрастаниями, где предпочитали обитать Mollusca, Oligochaeta, личинки Odonata. К руководящим таксонам донных биоценозов в р. Гольда относились Chironomidae, Oligochaeta, Trichoptera и Mollusca; в pp. Хор и Подхоренок – Chironomidae, Ephemeroptera и Mollusca. В р. Аскан, по сравнению с данными 2018 г. (Яворская, 2021), в 2023 г. в групповом составе зообентоса отсутствовали Tricladida и Amphipoda. Продолжали доминировать Chironomidae по плотности и Mollusca по биомассе, причем Oligochaeta перешли в разряд субдоминантов по плотности, а Trichoptera – в лидирующую группу по биомассе. В связи с этим средневзвешенная плотность и биомасса зообентоса в июле 2018 г. была меньше и составляла, соответственно, 11 160 экз./м² и 16,8 г/м². По данным И.М. Леванидовой (1982), р. Хор характеризовалась высоким видовым богатством Ephemeroptera (47 видов), Plecoptera (25 видов) и Trichoptera (40 видов), и почти на всех биотопах в реке по биомассе преобладали представители амфибиотических насекомых.

Основным критерием оценки продуктивности водоема является показатель средней биомассы макрозообентоса (Сидорова, Георгиев, 2023). Средневзвешенная плотность бентоса водотоков заказника «Аистиный» составляла 5692 экз./м², биомасса – 16,5 г/м². В кормовом отношении следует отметить ценность личинок амфибиотических насекомых (74,9 % от общей плотности). Наименьший уровень развития донных беспозвоночных зарегистрирован на песчаном биотопе р. Подхоренок. В целом, полученные данные по составу и количественным характеристикам зообентоса сопоставимы с таковыми с другими ООПТ Дальнего Востока России (Яворская, 2024).

По биотическому индексу Вудивисса воды рек заказника определялись II классом качества, чистые (табл. 3). По индексу Гуднайта и Уитли состояние обследованных водотоков было хорошее (pp. Аскан, Подхоренок, Хор – воды I класса качества, очень чистые; р. Гольда – воды II класса качества, чистые). Хирономидный индекс Балускиной оценивал качество вод рек Аскан и Гольда как чистые, II класс качества, рек Подхоренок и Хор как умеренно-загрязненные, III класс качества, последний объясняется более благоприятными условиями для развития представителей подсемейств Chironominae и Tanypodinae в местах отбора проб.

Заключение

Таким образом, в водотоках заказника «Аистиный» основу пигментного комплекса составлял хлорофилл *a* (в среднем 41,4 мг/м²), что является типичным для водорослей перифитона. По годовым величинам первичной продукции реки относились к высокопродуктивным, трофический статус их варьировал от олиготрофного (р. Хор) и мезотрофного (р. Подхоренок) до эвтрофного (р. Аскан) и гипертрофного (р. Гольда).

В составе зообентоса рек заказника обнаружено всего 105 таксонов беспозвоночных из 23 систематических групп, принадлежащих к пяти типам, в т. ч.: р. Подхоренок – 44 таксона из 11 групп, р. Аскан – 29 из 12 групп, р. Гольда – 48 из 17 групп, р. Хор – 42 таксона из 15 групп. Преобладали амфибиотические насекомые, составившие 74,9 % от общей плотности (87 видов). В разряд доминантов всех рек входили Chironomidae по плотности и Mollusca по биомассе, и к ним в реках Подхоренок и Хор присоединялись по плотности Ephemeroptera и Trichoptera и р. Гольда – Oligochaeta, и по биомассе в реках Аскан и Гольда – Trichoptera и р. Хор – Ephemeroptera.

Оценка по биоиндикационным индексам Вудивисса, Гуднайта и Уитли и Балускиной показала, что реки заказника находились в хорошем состоянии, качество вод изменялось от очень чистых до умеренно-загрязненных.

Благодарности

Автор очень благодарен всем сотрудникам ФГБУ «Заповедное Приамурье» за организацию и помощь в проведении экспедиционных работ на территории ООПТ, к. б. н. М.А. Климину (ИВЭП ДВО РАН) за помощь при обработке проб водорослей перифитона и к. б. н. Е.М. Саенко (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за помощь при определении моллюсков.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121021500060-4), выполняемого ИВЭП ДВО РАН, и темы НИОКТР № 122080200102-0, выполняемой ФГБУ «Заповедное Приамурье».

Литература

- Алексеев В.Р., Цалолыхин С.Я. (ред.). 2016. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М.-СПб: Товарищество научных изданий КМК. 457 с.
- Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат. 152 с.
- Богатов В.В., Федоровский А.С. 2017. Основы речной гидрологии и гидробиологии. Владивосток: Дальнаука. 384 с.
- Беляева П.Г. 2017. Фотосинтетические пигменты фитоперифитона реки Сылва (Средний Урал) // *Биология внутренних вод*. № 1. С. 52–59.
- Винберг Г.Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 329 с.
- ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. 1982. М.: Гос. ком. СССР по стандартам.
- ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. 1990. М.: Издательство стандартов. 14 с.
- Государственный водный реестр: <http://textual.ru/gvr/index.php?card>
- Дымова О.В., Головкин Т.К. 2019. Фотосинтетические пигменты в растениях природной флоры таежной зоны Европейского северо-востока России // *Физиология растений*. Т. 66, № 3. С. 198–206.
- Климин М.А., Сиротский С.Е. 2005. Распределение фотосинтетических пигментов в профиле торфяных отложений как отражение колебаний климата в голоцене // *Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах*. Вып. 15. Владивосток: Дальнаука. С. 237–248.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А. 1999. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во МГУ. 95 с.
- Леванидов В.Я. 1977. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // *Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь»*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. Т. 45 (148). С. 126–159.

- Леванидов В.Я., Леванидова И.М. 1981. Дрифт личинок насекомых в крупной предгорной реке на примере реки Хор (бассейн Уссури) // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 22–37.
- Леванидова И.М. 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР: Фаунистика, экология, зоогеография Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera. Л.: Наука. 215 с.
- Лелей А.С. (ред.). 2006. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 6: Двукрылые и блохи. Ч. 4. Владивосток: Дальнаука. 936 с.
- Мордовин А.М. 1966. Годовой и сезонный сток рек бассейна Амура. Препринт. Хабаровск: ИВЭП ХНЦ РАН. 72 с.
- Никаноров А.М. 2001. Гидрохимия. СПб: Гидрометеиздат. 444 с.
- Пронкевич В.В., Андронов В.А., Андропова Р.С., Никитина И.А., Шайдуров К.В. 2021. Численность и распределение дальневосточного аиста *Ciconia boyciana* Swinhoe, 1873 на территории Хабаровского края. // *Амурский зоологический журнал*. Т. XIII. № 1. С. 54–88. doi: org/10.33910/2686–9519–2021–13–1–54–88
- Скальская И.А., Баканов А.И., Флеров Б.А. 2008. Исследование зооперифитона и зообентоса малой реки // *Биология внутренних вод*. № 1. С. 89–98.
- Семенченко В.П. 2004. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех. 125 с.
- Сиротский С.Е. 2008. Пигментные характеристики водотоков юго-западной части острова Феклистова (Шантарские острова) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 118–122.
- Сиротский С.Е. 2014. Фотосинтетические пигменты в перифитоне водотоков бассейнов рек Зея и Бурея // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 619–628.
- Сиротский С.Е., Медведева Л.А. 1996. Пигментные характеристики водорослей перифитона водотоков Дальнего Востока // Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. С. 86–96.
- Сиротский С.Е., Медведева Л.А., Пархомук Ю.В. 2011. Трофический статус некоторых водотоков бассейна реки Тимптон (Южная Якутия) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. № 5. С. 483–487.
- Сидорова А.И., Георгиев А.П. 2023. Состояние кормовой базы бентосоядных рыб малого водоема на водосборе Онежского озера (Республика Карелия) // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Рыбное хозяйство. № 4. С. 34–41. https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-34-41.
- Тиунова Т.М. 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. М.: Изд-во ВНИРО. С. 5–13.
- Цалолихин С.Я. (ред.). 1994. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1: Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука. 400 с.
- Цалолихин С.Я. (ред.). 1997. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3: Паукообразные. Низшие насекомые. СПб.: Наука. 439 с.
- Цалолихин С.Я. (ред.). 2000. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4: Двукрылые насекомые. СПб.: Наука. 997 с.
- Цалолихин С.Я. (ред.). 2001. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5: Высшие насекомые. СПб.: Наука. 825 с.
- Цалолихин С.Я. (ред.). 2004. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6: Моллюски, Полихеты, Немертины. СПб.: Наука. 526 с.
- Шабалин С.Д. (ред.). 1966. Ресурсы поверхностных вод. Гидрологическая изученность. Т. 18: Дальний Восток. Вып. 1: Амур. Л.: Гидрометеорологическое издательство. 485 с.
- Яворская Н.М. 2020. Зообентос водоемов и водотоков заповедника «Болонский» (Россия) // *Nature Conservation Research*. Заповедная наука. 5(2). С. 64–79. https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.017
- Яворская Н.М. 2021. Зообентос реки Аскан (заказник «Аистиный», Хабаровский край) // Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и их охрана: материалы международной конференции (г. Хабаровск, 5–7 октября 2021 г.). Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 281–283.
- Яворская Н.М. 2024. Количественная характеристика зообентоса водотоков заповедника «Комсомольский» (Нижнее Приамурье) // *Амурский зоологический журнал*. Т. XVI, № 1. С. 146–173. DOI:org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-146-173.
- Яворская Н.М., Климин М.А. 2019. Содержание фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона малых рек заказника «Хехцирский» (Хабаровский край) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 8. С. 190–197. DOI: org/10.25221/levanidov.08.20

- Яворская Н.М., Климин М.А. 2021.** Пигментные характеристики водорослей перифитона и их использование для оценки состояния водотоков заповедника «Большехецирский» (Хабаровский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 9. С. 226–242. DOI: [org/10.25221/levanidov.09.25](https://doi.org/10.25221/levanidov.09.25)
- Яворская Н.М., Климин М.А. 2023.** Многолетняя динамика пигментных характеристик водорослей перифитона протоки Амурская реки Амур (Хабаровский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 10. С. 291–299. DOI: [org/10.25221/levanidov.10.26](https://doi.org/10.25221/levanidov.10.26)
- Jeffrey S.W., Humphrey G.F. 1975.** New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. V. 167. № 2. P. 191–194.
- Margalef R. 1960.** Valeur indicatrice de la composition des pigment du phytoplankton sur la productivite, composition taxonomique et proprietes dynamiques des populations // Rapp. et process – verbaux reunions. Commiss. Intern. Explorat Sci. Mer. Mediterranee. № S. Vol. 15, fasc. 2. P. 277–281.
- Watson R.A., Osborne P.L. 1979.** An algal pigment ratio as an indicator of the nitrogen supply to phytoplankton in three Norfolk broads // Freshwater. Biol. Vol. 9. № 6. P. 585–594.