



УДК 593.17

Видовая структура цилиофауны экосистем водотоков юга Сахалина

А. Г. Панов

*Сахалинский институт железнодорожного транспорта – филиал
Дальневосточного государственного университета путей сообщения,
Южно-Сахалинск
E-mail: allergen_925@mail.ru*

Аннотация. Впервые для региона на примере пяти водотоков проведены исследования состава экосистем простейших в реках южного Сахалина. Определены массовые для региона виды типа Ciliata (Ciliophora), подтверждён их космополитический характер. Проведён сравнительный анализ представителей Ciliophora в водотоках, показавший высокую степень фаунистического сходства исследованных рек. Отмечено влияние на распространение и численность инфузорий факторов среды, в первую очередь скорости течения и температуры воды.

Ключевые слова: биоразнообразие, инфузории, Ciliata, фаунистическое сходство.

Введение

С точки зрения влияния человеческой деятельности на функционирование и устойчивость экосистем только те из них успешно противодействуют негативному антропогенному воздействию, которые отличаются достаточно высоким биоразнообразием. Это относится и к видовому разнообразию простейших, которое, согласно литературным данным, не должно составлять менее 25 видов [2]. Поэтому изучение биоразнообразия цилиат имеет большое значение для прогнозирования развития экологической ситуации в различных водотоках и пресноводных водоёмах Сахалинской области. Интересы местных специалистов сосредоточены в основном на изучении морских беспозвоночных, перспективных с точки зрения искусственного воспроизводства (марикультура), которые, впрочем, в настоящее время также слабо изучены.

Кроме того, существует мнение, что различные виды Ciliata имеют космополитный ареал, а потому достаточно изучать их распространение и видовое разнообразие, например, в водоёмах европейской части России, а позже экстраполировать эти результаты на другие регионы страны. Такой подход кажется нам неоправданным, поскольку в каждом регионе имеются особенности, влияющие на количественный и качественный состав простейших в водных экосистемах.

Простейшие играют не последнюю роль в деструкции органических останков тихоокеанских лососевых, ежегодно происходящей в водотоках Дальнего Востока. Особенно сильно их влияние в малых реках, где количество сненки (падших производителей лососевых) обычно в разы больше, чем в крупных водотоках.

Вышеизложенные обстоятельства, а также отсутствие каких-либо сведений по пресноводным простейшим, распространённым в водотоках Сахалина, и определили проблему, которую мы предполагаем решить в ходе проведения исследований в водоёмах и водотоках юга острова. Работа является составной частью комплексного изучения цилиофауны южного Сахалина и проводится в области впервые. Целью работы является исследование биоразнообразия сообществ простейших, формирующихся в реках юга Сахалина.

Материалы и методы

Материалами исследования стали гидробиологические пробы, собранные на мелководьях трёх речных систем южного Сахалина: рек Лютоги, Найбы и Сусуи (рис.) в 2012–2015 гг. Реки представляют собой типичные для региона горные водотоки, на коротких участках нижнего течения переходящие в равнинные. Дно рек полностью состоит из аллювиальных отложений, местами переходящих в небольшие песчаные участки. Ил на горных участках практически отсутствует. Качество воды согласно результатам гидрохимических мониторинговых исследований ФГБУ «Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» изменялось от слабо загрязнённой до грязной. Места отбора проб представляют собой песчано-галечные пляжи в верхнем и среднем течении рек. После первичного исследования во все пробы были добавлены различные питательные среды, за счёт которых происходили дальнейшие сукцессионные изменения видового состава и численности простейших.

Видовой состав микроорганизмов определяли *in vitro* и *in vivo*. Цилиат изучали с помощью микроскопов «Motic BA 300» (Motic Xiamen, Китай) при увеличении окуляра 10×...20×, объектива – 4×, 10×, 40× и «Levenhuk D2L» (Левенгук, Россия) при увеличении окуляра 16×, объектива – 4×, 10×, 40×. Фиксацию простейших осуществляли кальций-формолом (по Бейкеру) и фиксатором Люголя, для выявления общей морфологии клеток использовали 0,1 % раствор метиленового синего, 0,2 % раствор эозина, 0,3 % раствор йода. Инфрацилиатуру выявляли импрегнацией 0,3 % раствором протаргола. Определение видового состава проводилось в основном с использованием определителей [8; 10] и исследовательских работ [1; 3; 7; 9]. Также использованы прочие публикации [6; 5].

При сравнительном анализе группировок цилиат использовался коэффициент фаунистического сходства Серенсена, который рассчитывается по формуле:

$$K_s = \frac{2C}{A+B} \cdot 100 \%,$$

где C – число видов, общих для двух сравниваемых биотопов; A – число видов, населяющих первый водоток; B – то же, во втором [7].

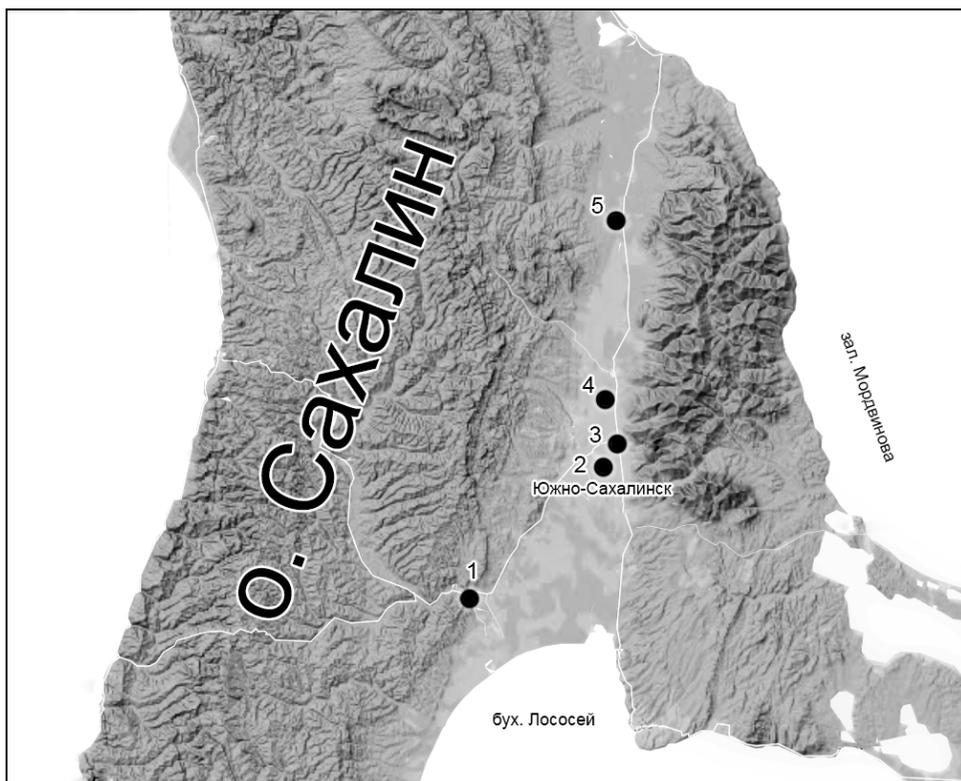


Рис. Карта-схема района отбора проб

Результаты и обсуждение

Всего в ходе исследований обнаружены Ciliata, относящиеся к девяти классам. Наибольшее число видов принадлежит к классу Oligohymenophorea – 22 вида, затем следуют классы Spirotrichea – 17 видов и Litostomatea – 12 видов; Heterotrichea – 4 вида, Prostomatea – 4 вида, Phyllopharyngea – 3 вида, Colpodea – 2 вида, Armophorea и Contofragmea – по 1 виду. Среди выявленных видов только в водотоках были обнаружены 46 видов цилиат. Среди всех видов Ciliata только 9 были обнаружены в первичных пробах, 56 видов были зафиксированы в ходе сукцессии проб. В начальный момент исследования проб в весенние и летние (июнь-июль) месяцы простейшие почти не обнаруживались, первые виды в этих пробах проявлялись в основном на 3–5-й день исследований, подавляющее же число видов выявлялось только в ходе дальнейшей сукцессии. Массовыми видами оказались: *Chilodonella uncinatus*, *Dexiostoma (Colpidium) campylum*, *Colpidium colpoda*, *Glaucoma scintillans*, *Monodidinium balbianii*, *Spirostomum ambiguum*, *Stylo-nychia putrina*, *Oxytricha fallax*, *Paramecium caudatum*, *Urocentrum turbo* и *Uronema nigricans*. В то же время *Askenasia* sp., *Blepharisma* sp., *Caenomorph-pha* sp, *Coccludina (Aspidisca) cicada*, *Colpoda inflata*, *Colpoda steinii*, *Didinium nasuta*, *Frontonia leucas*, *Frontonia acuminata*, *Lembadion (Thurophora) lucens*,

Oxytricha minor, *Paraurostyla weissei*, *Paruroleptus piscis*, *Podophrya fixa*, *Paramecium bursaria*, *Paramecium trichium*, *Prorodon* sp., *Spathidium spathula*, *Trithigmostoma (Chilodonella) cucullulus*, *Trichodina pediculus* всегда являлись редкими и обнаруживались в пробах эпизодически. Массовые виды зафиксированы в реках Лютога – 5 видов, Бол. Такой – 2 вида, Красносельская – 10 видов, Рогатка – 9 видов и Подорожка – 10 видов. Сравнительный анализ видового состава инфузорий в исследованных водотоках южного Сахалина представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ видового состава Ciliata
из исследованных водотоков южного Сахалина

Вид	Водотоки				
	1	2	3	4	5
<i>Blepharisma</i> sp.	–	–	–	+	–
<i>Spirostomum ambiguum</i> Ehrenberg, 1834	+	–	–	–	–
<i>Spirostomum. teres</i> Claparede et Lachmann, 1859	–	–	+	–	+
<i>Stentor roeselii</i> Ehrenberg, 1835	+	–	+	–	
<i>Oxytricha chlorelligera</i> Kahl, 1932	–	–	–	–	+
<i>Oxytricha fallax</i> Stein, 1859	–	+	+	+	+
<i>Oxytricha minor</i> Kahl, 1932	–	–	+	–	+
<i>Sterkiella histriomuscorum (Foissner et al., 1991)</i>	+	+	–	–	–
<i>Tachysoma (Oxytricha) pellionellum</i> Muller, 1773		–	+	+	+
<i>Paraurostyla weissei</i> complex Stein, 1859	+	–	–	–	+
<i>Stylonychia mytilus</i> complex Ehrenberg, 1838	+	–	–	+	+
<i>Stylonychia putrina</i> Stokes, 1885	–	+	+	+	+
<i>Stylonychia pustulata</i> Ehrenberg, 1838	–	–	+	+	+
<i>Paruroleptus piscis</i> Kowalewski, 1882	–	+	–	–	–
<i>Euplotoides (Euplotes) patella</i> Ehrenberg, 1833	–	–	+	–	–
<i>Euplotopsis (Euplotes) affinis</i> Dujardin, 1841	–	–	–	–	+
<i>Cocculina (Aspidisca) cicada</i> Muller, 1786	–	–	+	+	+
<i>Aspidisca turrita</i> Ehrenberg, 1838	+	–	+	–	–
<i>Aspidisca lynceus</i> Muller, 1773	–	–	+	+	+
<i>Strobilidium caudatum (gyrans)</i> Fromentel, 1874	–	–	+	–	–
<i>Caenomorpha</i> sp.	–	–	+	–	–
<i>Spathidium spathula</i> Muller, 1786	–	–	–	–	+
<i>Monodidinium balbianii</i> Fabre-Domerdus, 1888	–	+	+	+	+
<i>Didinium nasuta (D. nasutum)</i> Muller, 1786	–	–	+	–	–
<i>Askenasia</i> sp.	+	–	–	–	–
<i>Amphileptus (Litonotus) pleurosigma</i> Stokes, 1884	–	–	+	–	–
<i>Amphileptus (Hemiophrys) procerus</i> Penard, 1922	–	–	+	–	–
<i>Litonotus cygnus (fasciola)</i> Muller, 1773	+	+	+	+	+
<i>Litonotus varshavensis</i> Wrzesniowski, 1866	–	–	–	–	+
<i>Litonotus lamella</i> Schewjakoff, 1896	–	–	–	+	–
<i>Acineria uncinata</i> Tucolesco, 1962		+	–	–	–
<i>Loxophyllum (Litonotus) carinatus</i> Stokes, 1885	+	–	+	+	+
<i>Loxophyllum (Litonotus) helus</i> (Stokes), 1884	–	+	–	–	+

Окончание табл. 1

Вид	Водотоки				
	1	2	3	4	5
<i>Chilodonella uncinatus</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+
<i>Trithigmotoma (Chilodonella) cucullulus</i> Muller, 1786	–	–	+	–	+
<i>Podophrya fixa</i> Muller, 1786	+	–	+	–	–
<i>Colpoda inflata</i> Stokes, 1884	–	–	+	–	–
<i>Colpoda steinii</i> Maupas, 1883	–	–	+	–	–
<i>Coleps hirtus</i> Nutzs, 1827	+	–	+	+	+
<i>C. lacustris</i> Faure-Fremiet, 1924	–	–	+	–	–
<i>Prorodon</i> sp.	+	–	+	+	+
<i>Urotricha valida</i> Song et Wilben, 1989	–	–	–	–	+
<i>Trimyema compressa</i> Lackey, 1925	–	–	–	–	+
<i>Frontonia leucas</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	–	–
<i>Frontonia acuminata</i> Ehrenberg, 1833	–	+	–	–	–
<i>Lembadion (Thurophora) lucens</i> Maskell, 1887.	+	+	–	–	+
<i>Urocentrum turbo</i> Nutzs, 1827	+	+	+	–	+
<i>Paramecium aurelia</i> complex Ehrenberg, 1838	–	–	–	–	+
<i>Paramecium bursaria</i> Ehrenberg, 1831	–	–	+	–	+
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+
<i>Paramecium pultrinum</i> Claparede et Lachmann, 1858	–	–	+	–	–
<i>Paramecium trichium</i> Stokes, 1885	+	–	–	–	–
<i>Tetrahymena poriformis</i> complex Schewiakoff, 1889	–	–	–	–	+
<i>Dexiostoma (Colpidium) campylum</i> Stokes, 1886	+	–	+	+	+
<i>Colpidium colpoda</i> Stein, 1860	+	+	+	+	+
<i>Colpidium kleini</i> Foissner, 1969	–	–	–	+	+
<i>Glaucoma scintillans</i> Ehrenberg, 1830	+	–	+	+	+
<i>Glaucoma reniforme</i> Schewiakoff, 1892	–	–	+	+	+
<i>Uronema nigricans (=marinum V.)</i> Dujardin, 1841	+	+	+	+	+
<i>Pseudocohnilembus pusillus</i> Quennerstedt, 1869	+	–	–	–	+
<i>Vorticella convallaria</i> complex Linnaeus, 1757	+	+	+	+	+
<i>Vorticella microstoma</i> complex Ehrenberg, 1830	–	–	+	–	+
<i>Vorticella octava</i> complex Stokes, 1885	–	–	+	+	+
<i>Trichodina pediculus</i> Muller, 1773	–	–	+	–	–
Всего	24	17	41	24	40

Примечание: в табл. 1, 2 цифрами обозначены водотоки: 1 – Лютога, 2 – Бол. Такой, 3 – Красносельская, 4 – Рогатка, 5 – Подорожка.

Во всех реках встречены *Litonotus cygnus (fasciola)*, *Chilodonella uncinatus*, *Paramecium caudatum*, *Colpidium colpoda*, *Uronema nigricans* и *Vorticella convallaria* complex (6 видов). Кроме вышеперечисленных видов в большинстве рек были обнаружены *Oxytricha fallax*, *Stylonychia putrina*, *Monodidinium balbianii*, *Loxophyllum (Litonotus) carinatus*, *Coleps hirtus*, *Prorodon* sp., *Urocentrum turbo*, *Dexiostoma (Colpidium) campylum*, *Glaucoma scintillans* (9 видов). Очевидно, эти виды являются обычными для водотоков южного Сахалина.

Результаты сравнительного анализа цилиофауны показали, что водотоки южного Сахалина имеют достаточно высокую общность видового состава цилиат. Наибольшей степенью общности (69 %) обладают фауны инфузорий рек Подорожка и Рогатка (обе протекают в черте г. Южно-Сахалинска, расстояние между точками сбора проб составляло около 1,5 км) (табл. 2). Наименьшим фаунистическим сходством (38 %) обладают реки Бол. Такой и Подорожка (см. табл. 2), расстояние между которыми около 40 км, они относятся к разным речным системам, одна из которых впадает в Охотское море, а другая – в Японское (для сравнения - индекс фаунистического сходства между водотоками южного Сахалина и среднего Приамурья составляет от 19 до 24 %) [4].

Таблица 2

Индексы видового сходства инфузорий из биоценозов рек Сахалина

Реки	Коэффициент фаунистического сходства Серенсена				
	1	2	3	4	5
Лютога	–	50	48	50	48
Бол. Такой	50	–	38	43	39
Красносельская	48	38	–	59	64
Рогатка	50	43	59	–	69
Подорожка	48	39	64	69	–

Заключение

Поскольку исследованные водотоки имеют горный характер, в них формируются специфические условия среды: быстрое течение, низкая температура воды (даже в летние месяцы редко превышающая 16 °С) и почти полное отсутствие донных мелкодисперсных (в том числе и иловых) отложений. С этим связана и низкая концентрация в воде простейших, в частности цилиат, и небольшое биоразнообразие исследованных экосистем простейших. Этим можно также объяснить то обстоятельство, что в начальный момент исследования проб было выявлено менее 15 % видов инфузорий, подавляющее число видов выявлялось только в ходе сукцессии проб.

Сходные характеристики среды обитания (температура воды, насыщенность кислородом, средняя скорость течения, основные гидрохимические показатели) и относительно небольшая удалённость водотоков друг от друга (от 1,5 до 50 км), обусловили достаточно высокое фаунистическое сходство видов (38–69 %). Наиболее адаптированными к таким условиям среди Ciliata оказались подвижные сапротрофные виды, способные быстро и активно передвигаться в толще воды и в придонном слое. При этом плотность инфузорий в самих водотоках оставалась низкой и резко возрастала только при поступлении в воду повышенного количества органических веществ.

Островные экосистемы, в сравнении с материковыми, имеют меньшее видовое разнообразие (обеднены видами) и поэтому в большей мере чувствительны к повышенному антропогенному воздействию. Можно предположить, что всё это в полной мере относится и к их микробной составляющей. Несмотря на то что многие виды инфузорий имеют обширный ареал, обра-

зующееся в конкретных исследованных водотоках сообщество пресноводных микроорганизмов имеет специфические особенности, очевидно связанные с влиянием различных факторов среды.

Список литературы

1. Дружинина И. В. Инфузории (Ciliata, Ciliophora) литоральной зоны озера Ильмень (фаунистические комплексы, морфология, биология) : дис. ... канд. биол. наук / И. В. Дружинина. – СПб., 2002. – 287 с.
2. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М. : АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Локоть Л. И. Экология ресничных простейших в озерах Центрального Забайкалья / Л. И. Локоть. – Новосибирск : Наука, 1987. – 153 с.
4. Никитина Л. И. Экологические особенности инфузорий в детритной цепи питания р. Лютоги Анивского района Сахалинской области / Л. И. Никитина, А. Г. Панов // Вода: химия и экология. – 2014. – № 2. – С. 64–70.
5. Цилиофауна природных и техногенных экосистем Среднего Приамурья : монография / Л. И. Никитина [и др.]. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2011. – 160 с.
6. Протисты: Руководство по зоологии / ред. А. Ф. Алимов – СПб. : Наука, 2007. – Ч. 2. – 1144 с.
7. Трибун М. М. Экологические особенности цилиофауны малых рек окрестностей г. Хабаровска : дис. ... канд. биол. наук. / М. М. Трибун. – Хабаровск, 2012. – 154 с.
8. Фауна аэротенков (атлас) / ред. Е. И. Васьковская. – Л. : Наука, 1984. – 270 с.
9. Чорик Ф. П. Свободноживущие инфузории водоемов Молдавии / Ф. П. Чорик. – Кишинев : МО АН СССР, 1968. – 251 с.
10. Foissner W. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology / W. Foissner, H. Berger // Freshwater Biology. – 1996. – Vol. 35. – P. 375–482.

Specific Structure of the Ciliate Fauna (Protozoa, Ciliophora) in Watercourse Ecosystems of South of Sakhalin

A. G. Panov

Sakhalin Institute of Railway Transport – a Branch of Far Eastern State Transport University, Yuzhno-Sakhalinsk

Abstract. For the first time in the region by the example of the five streams to study the composition of the simplest ecosystems in the rivers of southern Sakhalin were conducted. Mass for the region types such as Ciliata (Ciliophora), which confirms its cosmopolitan character have been determined. Comparative analysis of representatives of Ciliophora in waterways, which showed a high degree of faunal similarities studied rivers was carried out. Impact on the distribution and abundance of ciliates environmental factors, primarily the flow rate and temperature of the water was observed.

Keywords: diversity, ciliates, Ciliata, faunal similarity.

*Панов Александр Геннадьевич
старший преподаватель
Сахалинский институт железнодорожного
транспорта – филиал Дальневосточного
государственного университета путей
сообщений, Южно-Сахалинск
693007, г. Южно-Сахалинск,
ул. Физкультурная, д. 126-в
тел.: (4242) 22-42-03
e-mail: allergen_925@mail.ru*

*Panov Aleksandr Gennadyevich
Senior Lecturer
Sakhalin Institute of Railway
Transport – Branch of Far Eastern
State Transport University,
Yuzhno-Sakhalinsk
126-в, Fizkulturnaya st., Yuzhno-
Sakhalinsk, 693007
tel.: (4242) 22-42-03
e-mail: allergen_925@mail.ru*