

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕР ТУРГОЯК И УВИЛЬДЫ НА ЗООПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО

*И.В. Машкова, А.М. Кострюкова, С.А. Белов*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Техногенное воздействие на гидроэкологическое состояние водоемов сказывается на всех этапах формирования водных экосистем. Особенно чувствительны к воздействию такие организмы, как планктон, составляющие основу трофических цепей. При комплексной нагрузке создаются условия, неблагоприятно меняющие видовой состав, разнообразие, размер, массу и доминирование в планктонных сообществах. Для озер Южного Урала, относящихся к памятникам природы, изучение основных закономерностей антропогенной сукцессии, фито- и зоопланктонных сообществ, выявление природных и антропогенных факторов, определяющих их жизненные циклы, и установление связи между отдельными показателями гидроэкологического состояния озер и антропогенной нагрузкой имеют первостепенное значение. В данной статье исследуется степень деградации прибрежных зон двух водоемов Челябинской области (озер Тургояк и Увильды). Степень деградации прибрежных зон оценивалась по травянистой растительности, биоразнообразию, плотности покрытия и антропогенной нагрузке данных территорий. Вокруг озер под воздействием дисперсной рекреационной нагрузки сформировались ландшафтно-рекреационные зоны с различной степенью дигрессии. Оценка антропогенной трансформации в трехсотметровой прибрежной зоне озера Увильды показала, что доля территорий, характеризующихся 4–5 стадиями дигрессии возросла до 40–45 %, а для озера Тургояк – до 50–55 %. Результаты исследования видового состава зоопланктонных сообществ на участках с разными степенями дигрессии выявили, что литоральный зоопланктон обильнее в тех частях акватории озер, где имеются оптимальные условия для его развития, наименьшая рекреационная нагрузка и наименьшая степень дигрессии. Коловратки, как наиболее устойчивые к ухудшению качества окружающей среды, увеличивают свой вклад в состав биоценоза на участках с более высокой стадией дигрессии.

*Ключевые слова: памятник природы, озеро Увильды, озеро Тургояк, антропогенная нагрузка, дигрессия, зоопланктон.*

### Введение

На территории Челябинской области находится большое количество озер. По данным из разных источников оно составляет более тысячи [1, 2]. Территориальное размещение водных объектов весьма неравномерно, в большей степени они сконцентрированы на севере и востоке области. Природные зоны, в которых они размещаются, относятся к степным, лесостепным и горнолесным. Большинство озер Челябинской области различной морфологии отнесены к объектам особо охраняемых природных территорий. Крупные и средние озера Челябинской области, имеющие хозяйственное значение, изучены достаточно хорошо. Существуют несколько монографий [1, 3–5], в которых описана морфофизиологическая и геохимическая характеристики водоемов. Также имеется около трех десятков научно-исследовательских статей [6], связанных с практическими запросами и с изучением состояния крупных водных экосистем, имеющих хозяйственное, рекреационное значение или относящихся к особо охраняемым природным объектам [7].

Исследуемые озера Тургояк и Увильды расположены в Восточных предгорьях и горах Южного Урала. Положение озер в пределах вышеуказанных территорий способствовало широкому развитию разнообразных форм туризма, отдыха и лечения. Преобладающие на водосборах березово-сосновые, а также встречающиеся липовые и еловые леса увеличивают привлекательность территории. Большинство учреждений отдыха у водоемов сосредоточены в зоне двадцатиминут-

ной пешей доступности от автобусных остановок и железнодорожных станций, что определяет перспективу дальнейшего развития инфраструктуры отдыха на исследуемой территории. К тому же в конце XX века стихийное рекреационное освоение водоемов Южного Урала привело к несанкционированной застройке прибрежных территорий. Природопользование, организованное таким образом, усилило территориальную контрастность. В результате на берегах тектонических озер сформировалась довольно сложная иерархическая сеть из природно-антропогенных прибрежных территорий, с закономерно изменяющейся в пространстве степенью дигрессии.

Исследованием экологического состояния озер Тургояк и Увильды занимаются достаточно давно [8]. Известны их гидрологические и гидрохимические характеристики [8–10], видовой состав планктонных сообществ [11–16], изучены сообщества растительных и животных макроорганизмов. В связи с нарастающей у водоемов антропогенной нагрузкой и контрастностью форм отдыха возникла проблема усиления дигрессии прибрежной территории водоемов до критических уровней, соответствующих 4–5 стадиям [17]. Ухудшение состояния биоценозов прибрежной зоны ведет за собой ухудшение качества воды и состояния водных организмов. Зоопланктон, как чувствительный биоиндикатор, может откликнуться на изменения условий водной среды даже когда гидрохимические показатели качества воды находятся в пределах нормы.

Цель настоящего исследования – это оценка антропогенной трансформации прибрежных территорий озер Увильды и Тургояк Челябинской области и выявление закономерностей изменения видовой структуры зоопланктона в зависимости от степени деградации прибрежных зон.

### Объекты исследования

Озеро Увильды находится на севере Челябинской области (рис. 1), в 80 км к северо-западу от Челябинска. Озеро является памятником природы, а с 1970-х годов входит в международный список самых ценных озер мира. Основные морфометрические параметры озера Увильды: высота над уровнем моря 272 м, площадь водной поверхности 68,1 км<sup>2</sup>, максимальная и средняя глубины 38 и 13 м [13]. Озеро представляет собой типичный тектонический водоем, расположенный в глубоком переднем разломе. Берега озера Увильды сильно изрезаны полуостровами и заливами. Западная и юго-западная части характеризуются значительным подъёмом глубины. Дно озера песчаное, местами отмечаются галька и ил. Большая часть извилистой береговой линии покрыта сосновыми и смешанными лесами.



Рис. 1. Изучаемые озера Увильды (а) и Тургояк (б): 1–5 – точки отбора проб

В 1976–1977 гг. была осуществлена перекачка около четверти объема воды озера в Аргазинское водохранилище для водоснабжения г. Челябинска. Уровень воды снизился почти на 4 м. В зоне осушения выросла древесно-кустарниковая растительность, которая была затоплена во время восстановления уровня воды в 2006 г.

С середины XX века озеро Увильды использовалось в рекреационных целях. На его берегах расположено около семидесяти баз отдыха, несколько санаториев, детских оздоровительных лагерей и частных коттеджей. Почти вся береговая линия застроена (кроме небольших участков на юге и северо-западе озера).

Озеро Тургояк также является тектоническим водоёмом (см. рис. 1) [1]. Основные морфометрические параметры озера Тургояк: высота над уровнем моря 320 м, площадь водной поверхности 26,4 км<sup>2</sup>, максимальная и средняя глубины 34 м и 19,2 м [1]. Берега западной части изрезаны мысами и заливами. Дно Тургояка каменистое, на западе отмечаются большие камни, на востоке – мелкая галька. Береговая линия на 90 % покрыта сосновыми лесами, также отмечаются берёзовые леса и ольшаники.

С 1952 до начала 90-х гг. был организован водозабор из Тургояка для хозяйственных целей, превышающий среднесуточный водный баланс озера (т. е. более 5...6 млн м<sup>3</sup>/год) [18]. В 1985–1990-х гг. произошло понижение уровня воды в водоеме и на части обнажившейся территории выросла древесно-кустарниковая растительность.

На восточном берегу озеро расположен большой посёлок Тургояк. По берегам озера расположено множество баз отдыха.

Вода обоих водоемов пресная, по химическому составу относится к гидрокарбонатно-кальциевым, а по соотношению ионов – к сульфатно-натриевым. На водосборе озера Увильды есть источники сапропелевой грязи и радона, которые способствовали развитию общенациональных курортов. В настоящее время имеет озеро Увильды имеет переходный статус между олиго- и мезотрофным, а озеро Тургояк относится к олиготрофным. Оба озера являются гидрологическими памятниками природы Челябинской области с 1969 г.

#### Методика исследования

Полевые экспедиционные исследования проводились в июне–августе 2021 г. на озерах Увильды и Тургояк. Для исследования было выбрано по пять участков на озере Увильды и озере Тургояк (рис. 1). Выбранные участки расположены в зонах с разной степенью рекреационной нагрузки побережья (различные санатории, базы отдыха, населенные пункты).

Оценку нагрузки рекреационной деятельности на состояние прибрежных территорий водоемов производили согласно [19] с помощью нескольких методов: трансектного, пробных площадей, а также математико-статистического и регистрационно-измерительного. Уровень стадии дигрессии оценивали по отношению площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности почвенного покрова к общей площади обследуемого участка (от 1,0 до 25,0 % соответственно) [19]. Для оценки дигрессии лесных рекреационных территорий использовали методику пробных площадок в зонах отдыха размером не менее 100 × 100 м (по Волковой) [20]. В основу оценки стадий дигрессии геосистем вошли 5 критериев согласно матричному методу введения весовых параметров дигрессии по Волковой [20]. Уровень дигрессии на пробной площадке определяли по интегральной обобщенной оценке пятнадцати характерных критериев антропогенной трансформации геосистем по пятибалльной шкале [19]. Расчетное число одновременных посетителей территории парков, лесопарков, лесов, зеленых зон определяли согласно СП 42.13330.2016 (СНиП 2.07.01-89) [21].

Зоопланктон отлавливали в литоральной части озер [22]. Сбор зоопланктона производили фильтрованием 50 литров воды через сеть Апштейна. Концентрированные пробы просматривали в день сбора, кроме этого, проводили фиксацию материала 70° спиртом. Для определения видовой принадлежности были использованы классические определители [23–27].

Расчет биомассы животных проводили по уравнениям пропорционального роста [28], а также по номограммам Л. Численко [29].

#### Обсуждение результатов

Антропогенная нагрузка на прибрежные территории изучаемых водоемов в основном носит рекреационный характер, поскольку данные водоемы являются привлекательными туристическо-рекреационными объектами. В настоящее время одним из существенных факторов, который может изменять экологическое состояние различных водных объектов является интенсивная рекреационная деятельность, приводящая к той или иной стадии антропогенной деградации при-

брежных зон. Рекреационная дегрессия – это процесс негативного изменения биогеоценоза в результате рекреационного воздействия. Главные признаки рекреационной дегрессии - вытоптанная площадь, уничтоженный подрост, поврежденные деревья, смена лесных трав на луговые и затем на сорные. Стадия рекреационной дегрессии определяется как этап изменения биогеоценоза в результате воздействия рекреационной нагрузки. Выделяют 5 стадий дегрессии:

- 1 стадия характеризуется отсутствием заметных изменений в биогеоценозе в результате деятельности человека;
- 2 стадия – изменения незначительны;
- 3 стадия – изменения средней степени;
- 4 стадия – изменения сильной степени;
- 5 стадия – практически полностью деградированный биогеоценоз.

Согласно результатам визуальных наблюдений и анализа картографических материалов площадь учреждений отдыха у исследованных озер составляла в 2010–2011 гг. 0,5–20,0 га [30], в 2021 г. осталось неизменной, при этом преобладают учреждения отдыха площадью 3–5 га. Максимальная единовременная рекреационная нагрузка на прибрежных территориях возросла с 5–7 на западных и северо-западных побережьях и с 40–90 чел/га на восточных до 7–10 чел/га и 70–140 чел/га соответственно. Преобладающая нагрузка изменилась с 25–45 чел/га в 2010–2011 гг. до 30–55 чел/га в 2021 г, так как большинство учреждений представлено малыми базами отдыха, на которых при данной нагрузке наблюдается максимальная наполняемость отдыхающими.

Результаты обследования трехсотметровой прибрежной зоны обоих водоемов в 2017 г. (табл. 1) показали, что около 8 % территории озера Увильды было представлено геосистемами с 5-й стадией дегрессии, 27 % – с 4-й стадией, и около 65 % – с 2–3 стадиями [2, 30]. В аналогичной зоне озера Тургояк территории с 5-й стадией составляли 9 %, с 4-й стадией – 26 % и с 2–3 стадиями – 65 %. По результатам наших исследований в 2021 г. (табл. 1, рис. 2) в трехсотметровой прибрежной зоне озера Увильды доля территорий, характеризующихся 4–5 стадиями дегрессии, возросла до 40–45 %, а для озера Тургояк – до 50–55 %. Такое интенсивное ухудшение состояния прибрежной зоны озера Увильды связано с открытием бесплатного «Коровьего» пляжа на юго-востоке озера и транспортной доступностью большей части береговой линии для заезда к водоему машин. У озера Тургояк увеличение доли территорий с высокой степенью дегрессии произошло за счет территорий, прилегающих к Городскому пляжу и местам асфальтовых подъездов к озеру. Наибольшее негативное изменение экологического состояния наблюдались на «диких» не оборудованных кемпинговых стоянках, часть из которых стала платной, но экологическое состояние и уровень благоустройства оставляют желать лучшего.

Таблица 1

**Результаты оценки степени дегрессии прибрежной территории озер Тургояк и Увильды**

Номер точки отбора проб	Озеро Тургояк					Озеро Увильды				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Стадия дегрессии (2017 г.)	1	4	5	2	3	2	1	3	4	5
Стадия дегрессии (2021 г.)	1	4	5	5	4	2	1	4	4	5

Результаты исследования видового состава зоопланктонных сообществ озер Тургояк и Увильды следующие. Всего было выявлено 40 видов зоопланктона в озере Тургояк (среди них 10 веслоногих (Copepoda), 19 ветвистоусых раков (Cladocera) и 11 коловраток (Rotifera)). По данным Рогозина А.Г. [14] 2009 года, в озере Увильды отмечено 46 видов зоопланктона (среди них 7 веслоногих (Copepoda), 12 ветвистоусых раков (Cladocera) и 27 коловраток (Rotifera)). В ходе наших исследований было зарегистрировано 37 видов (среди них 7 веслоногих (Copepoda), 11 ветвистоусых раков (Cladocera) и 19 коловраток (Rotifera)). Плотность и биомасса зоопланктона озера Увильды (рис. 3а) на станции 1 (15918 особей/м<sup>3</sup>; 1,0545 г/м<sup>3</sup> соответственно) и станции 2 (15731 особей/м<sup>3</sup>; 1,0215 г/м<sup>3</sup>) имеют наивысшие для озера величины, на станции 5 – наименьшие (1251 особей/м<sup>3</sup>; 0,0617 г/м<sup>3</sup>), на станции 3 значения плотности и биомассы составляют 8531 особей/м<sup>3</sup> и 0,5842 г/м<sup>3</sup>, на станции 4 – 7867 особей/м<sup>3</sup> и 0,4928 г/м<sup>3</sup>. Плотность и биомасса зоопланктона озера Тургояк (рис. 3б) на станциях 1 (5912 особей/м<sup>3</sup>; 0,5323 г/м<sup>3</sup> соответственно) и 2 (5731 особей/м<sup>3</sup>; 0,4134 г/м<sup>3</sup>) имеют наивысшие для озера величины, на станции 3 – наименьшие (401 особей/м<sup>3</sup>; 0,0211 г/м<sup>3</sup>), на станциях 4 (1452 особей/м<sup>3</sup>; 0,0842 г/м<sup>3</sup>) и 5 (1853 особей/м<sup>3</sup>; 0,1322 г/м<sup>3</sup>) занимают по этим показателям промежуточное положение.

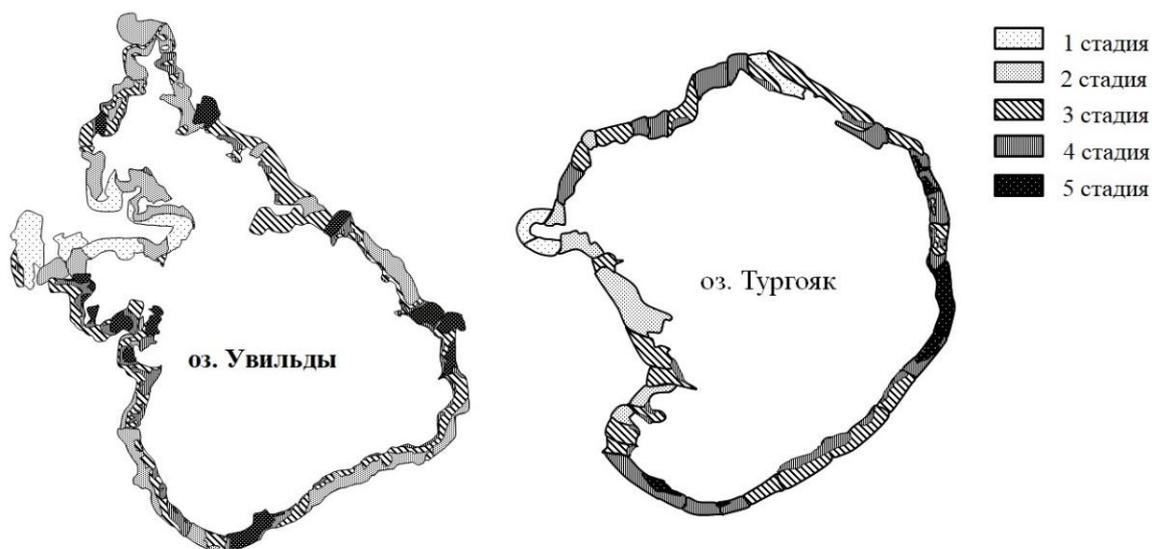


Рис. 2. Схема дигрессии ландшафтно-рекреационных зон прибрежных территорий озер Тургояк и Увильды (2021 г.)

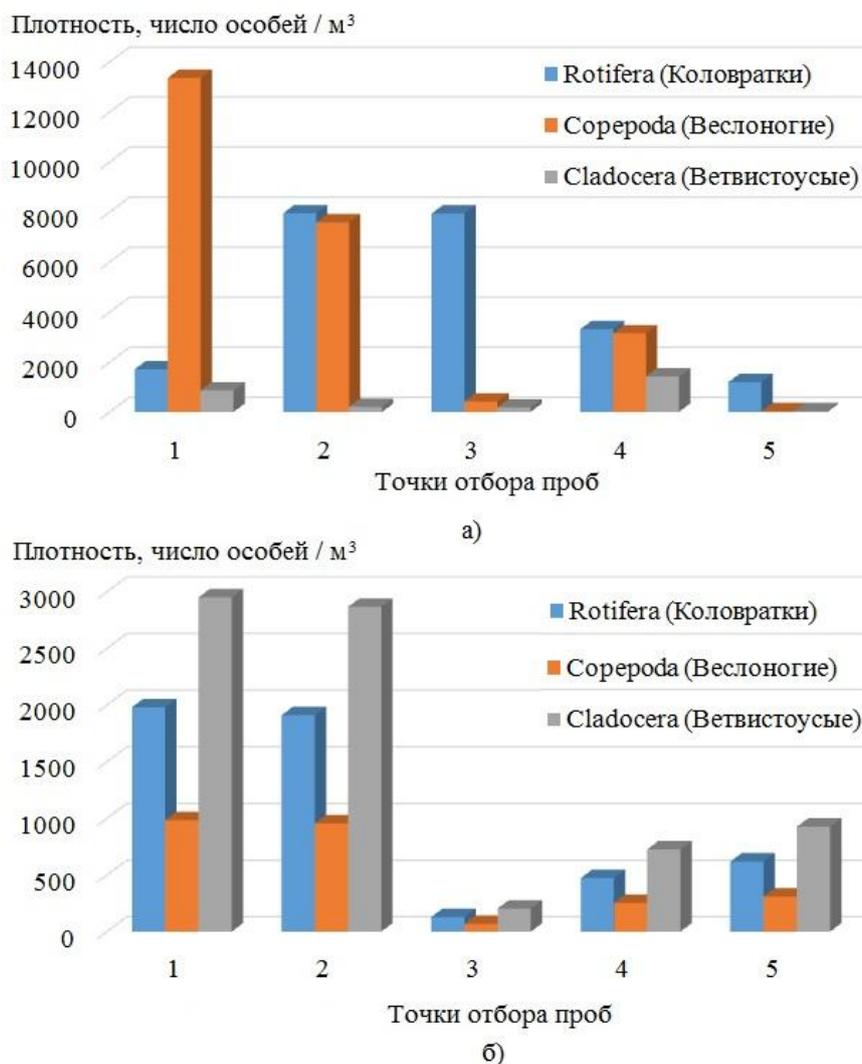


Рис. 3. Распределение плотности особей отдельных групп зоопланктона озер Увильды (а) и Тургояк (б)

В озерах Тургояк и Увильды основу зоопланктона составляют обычные и широко распространённые виды, например, коловратки – *Asplanchna priodonta* (Gosse), *Ploesoma hudsoni* (Imhof), *Kellicottia longispina* (Kellicott), веслоногие – *Eudiaptomus graciloides* (Lill.), *Mesocyclops leuckarti* (Claus), ветвистоусые – *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller), *Daphnia cristata* (Sars), *Daphnia cucullata* (Sars), *Diaphanosoma brachyurum* (Levin) и другие озерные виды, тяготеющих к олиготрофным водам. Ввиду очень малых размеров, коловратки играют крайне незначительную роль в составе зоопланктона изучаемых озёр. Однако в озере Тургояк средняя численность коловраток вполне сопоставима с численностью Cladocera и превосходит среднюю численность Copepoda. Cladocera – доминирующая группа зоопланктона в озере Тургояк, преобладающая по таксономическому разнообразию, встречаемости, ценотической значимости. В олигомезотрофном озере Увильды ведущая роль принадлежит веслоногим ракообразным. Из рис. 3 видно, что соотношение основных групп зоопланктона изменяется в зависимости от состояния окружающей среды.

Также было рассчитано соотношение таксонов (по числу видов), при котором приняли за единицу Cladocera (табл. 2). Чем выше дигрессия территории (см. рис. 3, табл. 2) тем больше оказывается влияние на экосистему, тем больше в воде таких ландшафтах представителей Rotifera, некоторые виды которых весьма устойчивы к ухудшению качества окружающей среды.

Таблица 2

Соотношение таксонов Rotifera : Copepoda : Cladocera

	Озеро Тургояк				
Номер точки отбора проб	1	2	3	4	5
Стадия дигрессии	1	4	5	5	4
R: C: Cl	0,24:1,15:1	01:05,5	2,5:1,8:1	2,2:1,6:1	1,2:1,5:1
	Озеро Увильды				
Номер точки отбора проб	1	2	3	4	5
Стадия дигрессии	2	1	4	4	5
R: C: Cl	0,9:1,5:1	0,18:0,19:1	1,3:1,6:1	1,5:1,8:1	2,5:1,8:1

Примечание: Rotifera – R, Copepoda – C, Cladocera – Cl

### Заключение

Антропогенная нагрузка на водные объекты является одной из наиболее острых проблем в экологии водных экосистем. Если раньше негативное воздействие в большей степени на водные объекты оказывала хозяйственная деятельность, то в настоящее время все более возрастает доля рекреационной нагрузки.

Оценка антропогенной трансформации прибрежных территорий озёр Увильды и Тургояк показала, что под воздействием увеличившейся рекреационной нагрузки возросла и площадь территорий с наиболее высокими стадиями дигрессии (4-й и 5-й) и составила для озера Увильды 40–45 %, а для озера Тургояк – 50–55 %.

Ухудшение состояния биоценозов прибрежной зоны приводит к изменению качества воды и состояния водных экосистем. Зоопланктон реагирует на антропогенную трансформацию прибрежной зоны, даже если эти изменения еще не отражаются на гидрохимических показателях. По результатам наших исследований, литоральный зоопланктон обильнее в тех частях акватории озёр, где имеются оптимальные условия для его развития, наименьшая рекреационная нагрузка и наименьшая степень дигрессии. Коловратки как наиболее устойчивые к ухудшению качества окружающей среды увеличивают свой вклад в состав биоценоза на участках с более высокой стадией дигрессии.

### Литература

1. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала: моногр. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1973. 270 с.
2. Захаров С.Г. Озера Челябинской области: монография. Челябинск: АБРИС, 2010. 128 с.
3. Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева М.Н. Гидрохимия озёр: Урал и Приуралье: моногр. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 336 с.

4. Ландшафтный фактор в формировании гидрологии озер Южного Урала: монография. Л.: Наука, 1978. 248 с.
5. Дракцова В.Г. Эколого-продукционные особенности озер различных ландшафтов Южного Урала: монография. Л.: Наука, 1978. 213 с.
6. Богданова О.Г. Экологическое состояние озер Челябинской области и меры по его улучшению: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь: Изд-во ПГУ, 2009. 23 с.
7. Исследование видового состава перифитонных микроорганизмов озера Ильменское / А.М. Кострюкова, Т.Г. Крупнова, И.В. Машкова и др. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, № 5. С. 1692–1695.
8. Ткачева В.А., Рогозина А.Г. Экология озера Тургояк: монография. Миасс: ИГЗ УрОРАН, 1998. 154 с.
9. Радаева В.Ю. Эволюция и современное состояние экосистемы озера Увильды (Южный Урал): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Екатеринбург: Рос. НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов, 1995. 22 с.
10. Гидрохимия озера Увильды в Челябинской области / С.Ф. Лихачев, А.Р. Сибиркина, Д.Ю. Двинин и др. // Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения: сб. науч. тр. 2018. С. 209.1–209.5.
11. Short Communication: Assessing Phytoplankton Species Structure in Tropically Different Water Bodies of South Ural, Russia / A. Kostryukova, I. Mashkova, S. Belov et al. // Biodiversitas. 2021. Vol. 22 (8). P. 3530–3538. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220853>.
12. Retrospective Analysis of Phytoplankton Community Structure in Water Bodies of South Ural (Russia) / A. Kostryukova, I. Mashkova, S. Belov, E. Shchelkanova., V. Trofimenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 626 (1). 012008. DOI: 10.1088/1755-1315/626/1/012008.
13. Phytoplankton Biodiversity and Its Relationship with Aquatic Environmental Factors in Lake Uvildy, South Urals, Russia / A.M. Kostryukova, I.V. Mashkova, T.G. Krupnova, N.O. Egorov // Biodiversitas. 2018. Vol. 19 (4). P. 1422–1428. DOI: 10.13057/biodiv/d190431.
14. Рогозин А.Г. Зоопланктон озера Увильды (Южный Урал) // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2009. № 1. С. 62–67.
15. Ярушина М.И., Танаева Г.В., Еремкина Т.В. Флора водорослей водоемов Челябинской области: моногр.. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 310 с.
16. Снитко Л.В., Сергеева Р.М. Водоросли разнотипных водоемов восточной части Южного Урала: моногр. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2003. 166 с.
17. Assessing Relationship of Degradation of Coastal Zones and Phytoplankton Species Structure of Lake Uvildy and Lake Turgoyak (South Ural, Russia) / A. Kostryukova, I. Mashkova, S. Belov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 958 (1). 012002. DOI: 10.1088/1755-1315/958/1/012002.
18. Захаров С.Г. Динамика экологического состояния рекреационных озёр Южного Урала (на примере озёр Тургояк, Большой Кисегач, Еловое) // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. 2018. С. 70–77.
19. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационной нагрузки на лесные природные комплексы. М., 2006. 8 с.
20. Волкова И.И., Шаплыгина Т.В. Перспективы формирования трансграничной особо охраняемой природной территории на Вислинской косе // Вестник Российского государственного университета им. Иммануила Канта. Серия «Естественные науки». 2008. Вып. 1. С. 16–20.
21. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М., 1994. 120 с.
22. Study of the Zooplankton Community as an Indicator of the Trophic Status of Reservoirs of the Chelyabinsk Region, Russia / I.V. Mashkova, A.M. Kostriyukova, A.I. Slavnyaya, V.V. Trofimenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 344. 012013. DOI: 012013.
23. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР: определитель. Л.: Наука, 1970. 744 с.
24. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР: определитель. М.; Л.: Наука, 1964. 327 с.

25. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. Л.: Наука, 1977. 290 с.
26. Определитель пресноводных беспозвоночных России / под ред. С.Я. Цалолыхина. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1994. 396 с.
27. Смирнов Н.Н. Фауна СССР. Ракообразные. Chydoridae фауны мира: определитель. Л.: Наука, 1970. Т. 1, Вып. 2. 531 с.
28. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов гидробиологических исследований на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 34 с.
29. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела: справочник. Л.: Наука, 1968. 287 с.
30. Белов С.А. Ландшафтно-рекреационная структура прибрежных территорий тектонических озер Южного Урала: дис. ... канд. геогр. наук. Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2010. 220 с.

**Машкова Ирина Вячеславовна** – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры «Экология и химическая технология», Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: mashkovaiv@susu.ru

**Кострюкова Анастасия Михайловна** – кандидат химических наук, старший научный сотрудник и доцент кафедры «Экология и химическая технология», Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: kostriukovaam@susu.ru

**Белов Сергей Александрович** – кандидат географических наук, доцент, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: belovsa@susu.ru

*Поступила в редакцию 6 апреля 2022 г.*

---

DOI: 10.14529/chem220314

## **INFLUENCE OF THE COASTAL ZONE ANTHROPOGENIC LOAD (LAKES TURGOYAK AND UVILDY) ON THE ZOOPLANKTON COMMUNITY**

*I.V. Mashkova, mashkovaiv@susu.ru*

*A.M. Kostryukova, kostriukovaam@susu.ru*

*S.A. Belov, belovsa@susu.ru*

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

Technogenic impact on the hydroecological state of water bodies affects all formation stages of the aquatic ecosystems. Organisms such as plankton forming the basis trophic chains are especially sensitive to the impact. Conditions are created that change the species composition, diversity, size, mass, and dominance in plankton communities under complex load. Some South Ural lakes are natural monuments. The study of their main patterns in anthropogenic succession, phyto- and zooplankton communities, identification of natural and anthropogenic factors that determine their life cycles, as well as the relationship identification between specific indicators of the lake hydroecological state and anthropogenic load, are of paramount importance. This work examines the degradation degree of the coastal zones for lakes Turgoyak and Uvildy in the Chelyabinsk region. The degradation degree of coastal zones has been assessed by herbaceous vegetation, biodiversity, coverage density, and anthropogenic load of these areas. The landscape-recreational zones with varying digression degrees have been formed around the lakes under the recreational load influence. An anthropogenic transformation assessment has shown that percentage of the territories characterized by 4-5 digression stages increased to 40–45 % for Lake Uvildy and to 50–55 % for Lake Turgoyak in the 300-meter coastal zone. The results of the zooplankton species composition study in zones with various digression degrees have revealed more abundant growth of the littoral zooplankton in the lake parts under more optimal conditions of its

development, such as lower recreational load and digression degree. Rotifers proliferate within biocenoses in parts with a higher digression stage due to their greater resistance to environmental degradation.

*Keywords:* natural monument, lake Uvildy, lake Turgoyak, anthropogenic load, digression, zooplankton.

### References

1. Andreeva M.A. *Ozera Srednego i Yuzhnogo Urala* [Middle and South Ural Lakes]. Chelyabinsk: Yuzh.-Ural. book. publishing house. 1973. 270 p.
2. Zakharov S.G. *Ozera Chelyabinskoy oblasti* [Chelyabinsk Region Lakes]. Chelyabinsk: ABRIS. 2010. 128 p.
3. Chernyaeva L.E., Chernyaev A.M., Eremeeva M.N. *Gidrochimia ozer: Ural and Priuralye* [Lakes Hydrochemistry: the Ural and the Urals]. Leningrad, Gidrometeoizdat. 1977. 336 p.
4. *Landshaftnyy faktor v formirovaniy gidrologii ozer Uzhnogo Urala* [Landscape factor in the formation of the South Urals lakes hydrology]. Leningrad, Nauka. 1978. 248 p.
5. Drabkova V.G. *Ekologo-produktsionnye osobennosti ozer razlichnykh landshaftov Uzhnogo Urala* [Ecological and Productive Lakes Feature in Various Landscapes of the South Ural]. Leningrad, Nauka. 1978. 213 p.
6. Bogdanova O.G. *Ecologicheskoe sostoyanie ozer Chelyabinskoy oblasti i mery po ego uluchsheniyu* [The Ecological State of the Chelyabinsk Region Lakes and Measures to Improve it]. Perm, Publishing House of PGU. 2009. 23 p.
7. Kostryukova A.M., Krupnova T.G., Mashkova I.V., Silin V.Yu., Nutfullina V.Kh. Study of the Periphyton Microorganism's Species Composition of Lake Ilmenskoye. *Tambov University Reports. Series Natural and Technical Sciences*. 2014;19(5):1692–1695. (In Russ.).
8. Tkacheva V.A., Rogozin A.G. *Ecologiya ozer Turgoyak* [Lake Turgoyak Ecology]. Miass: IGZ URORAN. 1998. 154 p.
9. Radaeva V.Yu. *Evolutsiya i sovremennoe sostoyanie ekosistemy ozera Uvildy* [Evolution and Current State of the Uvildy Lake Ecosystem (South Ural)]. Yekaterinburg: Ros. Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources. 1995. 22 p.
10. Likhachev S.F., Sibirskina A.R., Dvinin D.Yu., Voitovich G.A., Markova L.M. Lake Uvildy Hydrochemistry in the Chelyabinsk Region. In: *Sbornik trudov "Ecologicheskie problemy promyshlennorazvitykh i resursodobyvayushchikh regionov: puti resheniya* [Proc. Ecological Problems of Industrially Developed and Resource-Producing Regions: Solution Ways]; 2018. P. 209.1–209.5. (In Russ.).
11. Kostryukova, A. Short communication: Assessing phytoplankton species structure in trophically different water bodies of south ural, Russia / A. Kostryukova, I. Mashkova, S. Belov, E. Shchelkanova., V. Trofimenko // *Biodiversitas*. 2021. Vol. 22, no. 8. P. 3530–3538. DOI: 10.13057/biodiv/d220853.
12. Kostryukova A., Mashkova I., Belov S., Shchelkanova E., Trofimenko V. Retrospective Analysis of Phytoplankton Community Structure in Water Bodies of South Ural (Russia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;626(1):012008. DOI: 10.1088/1755-1315/626/1/012008.
13. Kostryukova A.M., Mashkova I.V., Krupnova T.G., Egorov N.O. Phytoplankton Biodiversity and Its Relationship with Aquatic Environmental Factors in Lake Uvildy, South Urals, Russia. *Biodiversitas*. 2018;19(4):1422-1428. DOI: 10.13057/biodiv/d190431.
14. Rogozin A.G. Zooplankton of Lake Uvildy (South Ural). *Chelyabinsk Scientific Center Proc. of the RAS Ural Branch*. 2009;1:62-67. (In Russ.).
15. Yarushina M.I., Eremkina T.V. *Flora vodorosley vodoemov Chelyabinskoi oblasti* [Flora of Algae in Reservoirs of the Chelyabinsk Region]. Yekaterinburg, UrB RAS. 2004. 310 p.
16. Snitko L.V., Sergeyeva R.M. *Vodorosli raznotipnykh vodoemov vostochnoy chasti Yuzhnogo Urala* [Algae of Reservoirs Different Types in the South Ural Eastern Part]. Miass, IGZ UB RAN. 2003. 166 p.
17. Kostryukova A., Mashkova I., Belov S., Shchelkanova E., Trofimenko V., Kargina V. Assessing Relationship of Degradation of Coastal Zones and Phytoplankton Species Structure of Lake Uvildy and Lake Turgoyak (South Ural, Russia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;958(1):012002. DOI: 10.1088/1755-1315/958/1/012002.
18. Zakharov S.G. Dynamics of the Recreational Lakes Ecological State in the South Ural (on the Example of Lakes Turgoyak, Bolshoi Kisekach, Elovoye). In: *Materialy III Vseros. nauch.-prakt. conf.*

“Aktualnye voprosy sovremennogo estestvoznaniya Uzhnogo Urala” [Proc. III All-Russian. scientific-practical. conf. “Topical issues of modern natural science of the Southern Urals”]; 2018. P. 70–77. (In Russ.).

19. OST 56-100-95. *Metody i edinitsy izmereniya rekreatsionnoy nagruzki na lesnye prirodnye komplekсы* [Methods and Units for Measuring the Recreational Load on Forest Natural Complexes]. Moscow. 2006. 8 p.

20. Volkova I.I., Shaplygina T.V. Prospects for the Formation of a Transboundary Specially Protected Natural Territory on the Vislinskoy Kose. *Bulletin of the Russian State University. Immanuel Kant. Series "Natural Sciences"*. 2008;1:16–20. (In Russ.).

21. SNiP 2.07.01-89. *Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh poselenii* [Urban Planning, Planning and Urban and Rural Settlements Development]. Moscow. 1994. 120 p.

22. Mashkova I.V., Kostriyukova A.M., Slavnaya A.I., Trofimenko V.V. Study of the Zooplankton Community as an Indicator of the Trophic Status of Reservoirs of the Chelyabinsk Region, Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;344:012013. DOI: 012013.

23. Kutikova L.A. *Kolovratki fauny SSSR* [Rotifers of the USSR Fauna]. Leningrad, Nauka. 1970. 744 p.

24. Manuilova E.F. *Vetvistsousye rachki (Cladocera) fauny SSSR* [Cladocera of the USSR Fauna]. Moscow; Leningrad, Nauka. 1964. 327 p.

25. Kutikova L.A., Starobogatov Ya.I. *Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoy chasti SSSR* [Key to Freshwater Invertebrates of the USSR European Part]. Leningrad, Nauka. 1977. 290 p.

26. Tsalolikhin S.Ya. *Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii* [Key to Russia Freshwater Invertebrates]. St. Petersburg, Publishing house ZIN RAN. 1994. 396 p.

27. Smirnov N.N. *Fauna SSSR. Rakoobraznye. Chydoridae fauny mira* [USSR Fauna. Crustaceans. Chydoridae World Fauna]. Leningrad, Nauka. 1970. 531 p.

28. *Metodicheskie rekomendatsii po sbory i obrabotke materialov gidrobiologicheskikh issledovaniy na presnovodnykh vodoenakh. Zooplankton i ego produktsiya* [Guidelines for the Collection and Processing of Materials from Hydrobiological Studies in Freshwater Reservoirs. Zooplankton and its Products]. Leningrad, GosNIORKh. 1984. 34 p.

29. Chislenko L.L. *Nomogrammy dlya opredeleniya vesa vodnykh organizmov po razmeram i forme tela* [Nomograms for Determining the Aquatic Organisms Weight by Body Size and Shape]. Leningrad, Nauka. 1968. 287 p.

30. Belov S.A. *Landshaftno-rekreatsionnaya struktura pribrezhnykh territorii tektonicheskikh ozer Uzhnogo Urala*. Kand. diss. [Landscape and Recreational Structure of South Ural Tectonic Lakes Coastal Territories. Kand. diss.]. Chelyabinsk, 2010. 220 p.

*Received 6 April 2022*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Машкова И.В., Кострюкова А.М., Белов С.А. Влияние антропогенной нагрузки прибрежной зоны озер Тургойак и Увильды на зоопланктонное сообщество // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 3. С. 129–138. DOI: 10.14529/chem220314

### FOR CITATION

Mashkova I.V., Kostriyukova A.M., Belov S.A. Influence of the coastal zone anthropogenic load (lakes Turgoyak and Uvildy) on the zooplankton community. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2022;14(3):129–138. (In Russ.). DOI: 10.14529/chem220314