

Научная статья  
УДК: 502.45  
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175  
EDN: UHYUWU



## ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОСБОРЫ ОХРАНЯЕМОГО ЛАНДШАФТА «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС»

Александра Валерьевна Сыстерова<sup>1</sup>, Александр Александрович Борисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Западно-Уральский институт водных и экологических проблем», г. Пермь, Россия

<sup>2</sup> Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Камский филиал, г. Пермь, Россия

<sup>1</sup> Systerova-alexandra@yandex.ru

<sup>2</sup> borissoff@mail.ru

**Аннотация.** В условиях города особо охраняемые природные территории играют значительную роль. Их важной составляющей являются малые водотоки, по состоянию которых можно отслеживать признаки изменения в экосистеме. В статье приведена оценка состояния экосистем водосборных территорий водотоков охраняемого ландшафта «Черняевский лес» г. Перми. В ходе маршрутного обследования были выявлены многочисленные места захламления прибрежных и русловых территорий бытовыми и строительными отходами, древесными остатками, различным мусором. В 14 створах на водотоках были определены значения pH, электропроводности, температуры, прозрачности, концентрации кислорода, расхода. Для каждого водосбора определена степень деградации экосистем. Полученные результаты были оценены четырьмя способами: по нормативам рыбохозяйственного водоема, по санитарно-гигиеническим нормативам водоемов рекреационного назначения, по сравнению с фоновыми значениями и по рассчитанным средним значениям показателей. По санитарно-гигиеническим показателям и нормативам рыбохозяйственного водоема в изученных водотоках превышений не обнаружено. По фоновым и средним значениям отклонения обнаружены в створах, расположенных вблизи границ и в местах наиболее активной рекреации. Построены графики зависимости физико-химических показателей от степени деградации, согласно которым водородный показатель соответствует увеличению степени деградации, концентрация кислорода и прозрачность не зависят от степени деградации. В целом обследование показало, что экосистемы леса подвержены антропогенному воздействию в виде вытаптывания растительности и захламления пойменных частей водотоков. И только в южной части, где водосборные территории находятся непосредственно в зоне жилой застройки, отмечались признаки загрязнения вод.

**Ключевые слова:** Черняевский лес, водотоки, экология, деградация экосистем

**Для цитирования:** Сыстерова А.В., Борисов А.А. Оценка антропогенного воздействия на водосборы охраняемого ландшафта «Черняевский лес» // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 164–175. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175. EDN: UHYUWU

Original article  
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175  
EDN: UHYUWU

## ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENIC IMPACT OF THE PROTECTED LANDSCAPE ‘CHERNYAEVSKY FOREST’ ON WATERSHEDS

Alexandra V. Systerova<sup>1</sup>, Alexandr A. Borisov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> West Ural Institute of Water and Environmental Problems, Perm, Russia

<sup>2</sup> Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Kama Branch, Perm, Russia

<sup>1</sup> Systerova-alexandra@yandex.ru

<sup>2</sup> borissoff@mail.ru

**Abstract.** Specially protected natural areas play an important role in urban environment. Their important component is small watercourses, the condition of which can be used as an indicator of changes in the ecosystem. The article presents an assessment of the ecosystems of stream watershed areas within the protected landscape ‘Chernyaevsky Forest’ located in the city of Perm. The route survey has revealed numerous places of littering of the waterside and channels with



© 2025 Эта работа Сыстеровой А.В., Борисова А.А. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

household and construction waste, wood residues, and various types of garbage. The values of pH, electrical conductivity, temperature, transparency, oxygen concentration, and flow rate were determined at 14 sites on the watercourses. The obtained results were assessed in four ways: according to the norms of fishery water bodies, according to the sanitary-hygienic norms of recreational water bodies, against background values, and according to the calculated average values of the indicators. No exceedances have been found in the studied watercourses in terms of sanitary-hygienic indicators and norms of fishery water bodies. As to the background and average values, deviations have been detected at the sites located near the boundaries and in areas of most active recreation. Graphs showing dependence of physicochemical indicators on the degree of degradation have been built, according to which the hydrogen indicator corresponds to an increase in the degree of degradation, whereas oxygen concentration and transparency are independent of the degradation degree. In general, the survey has shown that forest ecosystems are subject to anthropogenic impact in the form of trampling of vegetation and littering of floodplain parts of watercourses. Only in the southern part, where the catchment areas are located directly in the zone of residential development, signs of water pollution were noted.

**Keywords:** Chernyaevsky Forest, watercourses, ecology, ecosystems degradation

**For citation:** Systerova, A.V., Borisov, A.A. (2025). Assessment of the anthropogenic impact of the protected landscape 'Chernyaevsky Forest' on watersheds. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp.164–175. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175. EDN: UHYUWU

### Введение

Важная роль в соблюдении экологического баланса в городских условиях отводится особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Они выступают в качестве природного базиса для сохранения уязвимых видов растений и животных и обеспечивают регулирование и улавливание загрязнений со стороны производств и автотранспорта. В практическом смысле ООПТ предоставляют городским жителям возможность рекреации, что положительно влияет на их здоровье и самочувствие. Вышеобозначенные факторы определяют необходимость постоянного мониторинга компонентов ООПТ.

В условиях ООПТ малые реки отражают как особенности естественной гидрографии и гидрохимии, так и степень влияния городской среды, а также общий характер урбанизации. Их экосистемы под воздействием антропогенных нагрузок достаточно быстро изменяются, сопровождаясь адаптационными преобразованиями флоры и фауны [1–3]. Поэтому исследователи рассматривают малые реки как интегральный индикатор экологического состояния урбанизированных территорий [2–3, 21].

Для малых рек урбанизированных территорий характерны значительные колебания расходов, изменения физико-химических показателей (водородный показатель, электропроводность, температура, концентрация растворенного кислорода, прозрачность), поэтому их часто используют в комплексе экспресс-методов диагностики состояния [11, 13, 21].

ООПТ «Черняевский лес» представляет собой лесной массив, в большей степени сохранившийся в естественном состоянии и окруженный жилой застройкой и дорогами. По территории «Черняевского леса» протекает несколько малых рек, конфигурация естественных границ водосбора которых была изменена жилой застройкой и автомобильными дорогами. Из-за этого потенциальное негативное воздействие на пойменные экосистемы леса может оказываться как напрямую (вытаптывание, захламление, смыв дорожных реагентов и т.д.), так и косвенно (изменение водного баланса, деградация почвенных комплексов и т.д.) [8, 12, 18]. Мониторинг малых рек данной ООПТ является важной составляющей комплекса работ, направленных на сохранение и улучшение его экологического состояния.

Целью работы являлось определение современного состояния водотоков ООПТ «Черняевский лес» и оценка степени их соответствия нормативным требованиям.

### Материал и методика

Все водотоки «Черняевского леса» относятся к категории малых рек. Особенность охраняемого ландшафта в том, что он расположен в черте города и подвергается значительным антропогенным нагрузкам. Территория «Черняевского леса» охватывает пространство Дзержинского и Индустриального района г. Перми и ограничена улицами Шоссе Космонавтов, Подлесная и Встречная [6].

Он расположен в пределах возвышенной волнисто-вогнутой равнины Пермского Прикамья в подзоне южной тайги. Рельеф территории сформирован надпойменными террасами р. Камы. Для территории характерны несколько типов почвообразования. Преобладающими являются дерново-подзолистые почвы, но отмечены также дерновоподзолы глеевые, торфяно-подзолы глеевые, подзолы глеевые, аллювиальные торфяноглеевые и перегнойно-глеевые почвы [8]. Состав леса представлен 6 сосновыми, 6 еловыми, 1 березовым, 2 ольховым типами. Наибольшая площадь (66,1 %) приходится на сосновые леса [6, 12, 19].

В период 2022–2023 гг. было выполнено обследование территории и водотоков «Черняевского леса». Обследование проводилось трижды: в весенний, летний и осенний периоды года. Во время обследования определялись физико-химические параметры (водородный показатель (pH), температура (t°C), электропроводность (χ), прозрачность, растворенный кислород, расход воды), а также проводилось визуальное обследование участков русла и пойм. Ситуационная схема обследованной территории приведена на рис. 1.

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.



Рис. 1. Ситуационная схема территории и расположение створов:

- 1 – ручей № 1, 146 м от истока; 2 – ручей № 1, 432 м от истока; 3 – ручей № 1, 982 м от истока; 4 – ручей № 2;  
5 – ручей № 10; 6 – ручей № 11, 150 м от истока; 7 – ручей № 11, 1400 м от истока; 8 – р. Костянка,  
480 м от истока; 9 – р. Костянка, 1326 м от истока; 10 – ручей № 12, исток; 11 – ручей № 3, 200 м от истока;  
12 – ручей № 3, 1295 м от истока; 13 – ручей № 9; 14 – водоем со стороны ул. Встречной

Fig.1. Situation diagram of the territory and location of the sites:

- 1 – brook No.1, 146 m from its source; 2 – brook No.1, 432 m from its source; 3 – brook No.1, 982 m from its source;  
4 – brook No.2; 5 – brook No.10; 6 – brook No.11, 150 m from its source; 7 – brook No.11, 1,400 m from its source;  
8 – the Kostyanka River, 480 m from its source; 9 – the Kostyanka River, 1,326 m from its source; 10 – brook No.12, source;  
11 – brook No.3, 200 m from its source; 12 – brook No.3, 1,295 m from its source; 13 – brook No.9;  
14 – pond from the side of Vstrechnaya st.

Для определения физико-химических параметров воды, размеров русел и глубины использовались: кондуктометр ProfiLine Cord 1970i, оксиметр HI 9146, pH-метр HI 83141, гидрометрическая рейка. Всё оборудование обладает сертификатами и прошло эталонировку.

Для комплексной оценки состояния экосистем использовались методические указания [10]. За базовую экосистему принят тип леса согласно лесоустроительным данным, предоставленным МКУ «Пермское городское лесничество». По этим данным составлена схема типов леса на территории ООПТ (рис. 2).

За единицу площади при оценке состояния экосистем леса принят водосборный бассейн. В границах охраняемого ландшафта выделено шесть водосборных бассейнов: пять – первого порядка и один – второго. Площади экосистем с одинаковой степенью деградации рассчитывались в программе ArcGis.

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

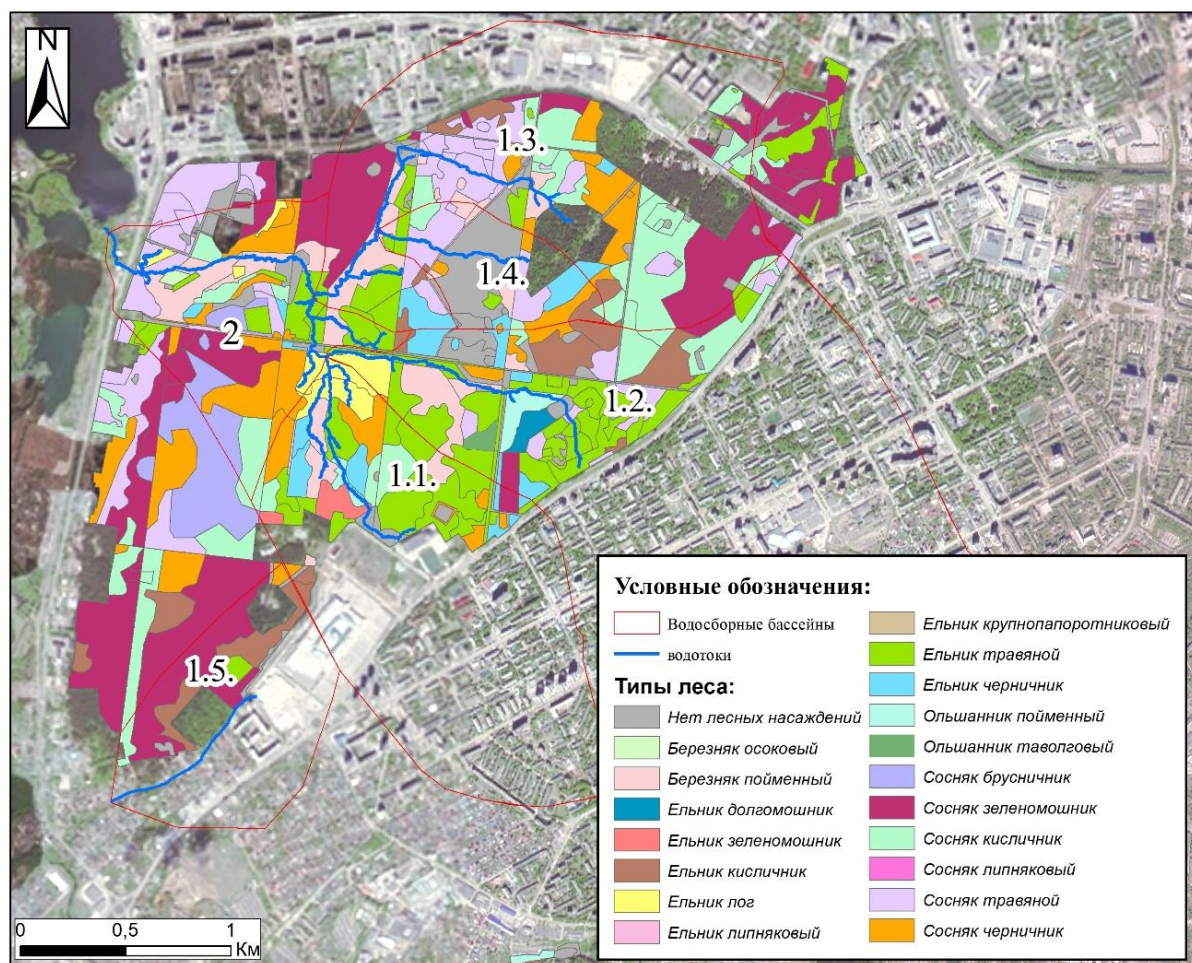


Рис. 2. Расположение водосборных бассейнов и распределение типов леса

Fig. 2. Location of watersheds and distribution of forest types

В водосборных бассейнах проведена оценка зависимости степени деградации экосистем от физико-химических параметров водотоков. При сравнении были использованы створы, находящиеся в нижней части течения, в качестве характеризующих экосистему водосбора на выходе.

### Результаты

Визуальный осмотр показал, что фитоценозы состоят из прибрежно-водной растительности: ряска, рогоз, осока и др. Прибрежная растительность на некоторых участках подвержена вытаптыванию. Сами прибрежные зоны подвергаются захламлению бытовыми и строительными отходами, древесными остатками, различным мусором. В русловой части многократно отмечалось наличие посторонних предметов. Водопроемы через пешеходные дорожки находятся в неудовлетворительном состоянии, местами оголовки полностью разрушены (рис. 3).

Гидрографическая сеть в значительной мере изменена вследствие механических воздействий. В осенний период во многих водотоках отсутствовала вода.

Обследование включало измерение водородного показателя, температуры, электропроводности, прозрачности, концентрации кислорода и расхода воды. Результаты представлены в табл. 1.

Наиболее деградированные участки наблюдаются на периферии территории ООПТ вблизи жилых зон, на тропах и рекреационных площадках. Менее деградированные участки – в глубине леса.

В обследованных водотоках значения водородного показателя составляли от 7,4 до 8,7. Воды относились к слабощелочным, с преобладанием гидрокарбонатов кальция и магния.

Температура в обследованных водотоках изменялась от 5,3 до 7,9 весной, от 10,9 до 16,6 летом, от 2,9 до 12,9 осенью. Наименьшее значение температуры наблюдалось в створе № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) в осенний

период. Наибольшее значение отмечалось в створе № 8 (р. Костянка, 480 м от истока). Наибольшая прогреваемость водотоков зарегистрирована в створах № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) и № 7 (ручей № 11, 1400 м от истока).

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.



а) брошенные порубочные  
остатки  
a) abandoned logging residue



б) разрушенный порталный  
оголовок  
б) collapsed portal casing



в) захламление русла водотока  
в) streambed littering

Рис. 3. Примеры состояния русла и поймы водотоков  
Fig. 3. Examples of channel and floodplain conditions of the watercourses

Удельная электропроводность изменялась в диапазоне 0,47–0,97 мСм/см, что в пересчёте на минерализацию соответствует 300–590 мг/л. Наибольший показатель электропроводности отмечен в створе № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) в летний и осенний периоды.

Наибольший показатель прозрачности наблюдался в створе № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), наименьший – в створе № 12 (ручей № 3, 1295 м от истока).

Наибольшие значения растворенного кислорода наблюдались в осенний период в створе № 2 (ручей № 1, 432 м от истока).

Нормирование показателей выполнено по нормативам рыбохозяйственного водоема [20], а также по нормативам водоема, используемого для целей рекреации [14].

Значение pH, согласно санитарно-гигиеническим нормативам, должно находиться в пределах 6–9 баллов. Исходя из нормативов рыбохозяйственного водоема, показатель pH должен соответствовать фоновому. Значения pH в водотоках соответствовали нормативам.

Значение температуры, согласно санитарно-гигиеническим нормативам, в летнее время в результате сброса сточных вод не должно повышаться более чем на 3 °C по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет. Исходя из нормативов рыбохозяйственного водоема, температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5 °C, с общим повышением температуры не более чем до 20 летом и 5 °C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы и не более чем до 28 летом и 8 °C зимой в остальных случаях.

По показателям прозрачности и электропроводности в обоих документах нормативные значения отсутствуют.

Значения концентрации кислорода по санитарно-гигиеническим нормативам не должны быть менее 4,0 мг/л, а согласно рыбохозяйственным нормативам – не менее 6,0 мг/л. Показатель растворенного кислорода во всех исследованных водотоках соответствовал нормативному значению.

Анализ значений показал, что измеренные показатели во все периоды измерения во всех исследованных водотоках соответствовали значениям обоих нормативных документов.

Поскольку территория «Черняевского леса» не используется для ведения хозяйственной деятельности и подвергается минимальным и случайным воздействиям со стороны рекреации и застройки, общие нормативы для вод ручьев не слишком репрезентативны. Качество воды в ручьях «Черняевского леса» соответствует всем установленным ПДК. Тем не менее для того, чтобы снизить любой риск попадания загрязняющих веществ в водотоки и вовремя выявить признаки изменений в химическом составе, необходимы более чувствительные способы оценки, чем ПДК. В качестве таких способов можно использовать средние значения показателей, рассчитанных именно для территории «Черняевского леса», и оценку по фоновым значениям. В качестве фона в летнее и весеннее время выбран створ № 13 (ручей № 9). Выбранная точка находится на достаточном удалении от жилой зоны. В нее не впадают другие водотоки, что исключает разбавление. В осеннее время вода в русле № 13 (ручей № 9) отсутствовала, поэтому в качестве фона на это время был выбран створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока). Он располагался на достаточном удалении от урбанизированной территории, а также имел значения, которые по статистическим показателям укладывались в рамки стандартного отклонения для значений осеннего периода.

Для значений показателей рассчитано среднее значение, средневзвешенное отклонение и коэффициент вариации. Результаты представлены в табл. 2.

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Таблица 1  
Table 1

Результаты определения физико-химических параметров воды водотоков  
Physicochemical parameters of water in the watercourses

№ створа	Описание створа	pH, ед.рН	t, °C	χ, мСм/см	прозрачность, см	кислород, мг/дм³	расход, л/с
1	ручей № 1, 146 м от истока	7,54	6,70	0,92	26	6,12	4,12
		7,76	10,9	0,97	35	5,41	3,61
		7,71	9,60	0,97	31	6,12	2,89
2	ручей № 1, 432 м от истока	7,74	7,90	0,91	32	6,23	4,05
		7,80	12,3	0,92	35	6,24	3,65
		7,48	11,3	0,90	30	9,72	2,01
3	ручей № 1, 982 м от истока	8,30	8,20	0,78	24	8,25	4,22
		8,18	14,0	0,80	32	6,75	4,27
		8,08	12,9	0,91	29	8,74	0,40
4	ручей № 2	7,54	8,40	0,42	26	7,35	0,25
		7,40	14,5	0,44	27	7,23	0,17
		—	—	—	—	—	—
5	ручей № 10	7,56	7,90	0,54	25	7,12	0,21
		7,51	13,2	0,54	28	6,88	0,1
		—	—	—	—	—	—
6	ручей № 11, 150 м от истока	7,89	4,30	0,94	32	5,28	3,34
		7,98	13,9	0,86	38	4,98	2,31
		7,63	2,90	0,80	30	7,77	0,35
7	ручей № 11, 1400 м от истока	7,82	7,90	0,75	35	7,77	3,42
		7,86	11,9	0,65	32	6,87	3,2
		—	—	—	—	—	—
8	р. Костянка, 480 м от истока	8,01	8,30	0,71	23	8,68	6,75
		8,10	16,6	0,68	27	7,94	6,4
		—	—	—	—	—	—
9	р. Костянка, 1326 м от истока	7,86	8,50	0,68	26	9,12	6,81
		8,07	15,0	0,63	32	6,86	6,56
		—	—	—	—	—	—
10	ручей № 12, исток	7,86	12,5	0,47	24	7,38	—
		—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—
10	ручей № 12, исток	8,68	5,30	0,81	26	5,97	1,20
		8,70	13,8	0,78	28	5,87	0,9
		7,95	10,6	0,48	29	8,57	0,42
11	ручей № 3, 200 м от истока	7,75	6,80	0,98	18	6,42	0,25
		7,46	11,8	0,84	24	5,64	0,27
		—	—	—	—	—	—
12	ручей № 3, 1295 м от истока	7,59	7,40	0,81	23	7,23	0,10
		7,71	12,5	0,79	19	6,85	0,1
		—	—	—	—	—	—
13	ручей № 9	8,10	5,80	0,63	24	8,34	0,10
		8,02	14,1	0,64	27	7,14	0,1
		—	—	—	—	—	—
14	водоем, со стороны ул. Встречной	—	—	—	—	—	—

Примечание: верхнее значение – весеннее опробование, среднее значение – летнее опробования, нижнее значение – осеннее опробование; прочерк – водоток пересох

Note: upper value - spring sampling, middle value - summer sampling, lower value - fall sampling; dash - watercourse is dry

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Таблица 2  
Table 2

Статистические параметры значений физико-химических параметров водотоков  
Statistical parameters of physicochemical profile values of the watercourses

Параметр	pH, ед.рН*	t, °C*	χ, мСм/см*	прозрачность, см	кислород, мг/дм³	расход, л/с
<b>Весна</b>						
Среднее значение	7,88	7,18	0,76	26,15	7,22	2,68
Стандартное отклонение	0,32	1,28	0,16	4,33	1,13	2,39
Коэффициент вариации, %	0,04	0,18	0,21	0,17	0,16	0,89
<b>Лето</b>						
Среднее значение	7,89	13,36	0,72	29,14	6,57	2,43
Стандартное отклонение	0,32	1,44	0,16	4,95	0,80	2,29
Коэффициент вариации, %	0,04	0,11	0,22	0,17	0,12	0,94
<b>Осень</b>						
Среднее значение	7,77	9,46	0,812	29,8	8,184	1,214
Стандартное отклонение	0,22	3,45	0,17	0,75	1,20	1,05
Коэффициент вариации, %	0,03	0,36	0,22	0,03	0,15	0,86

Средневзвешенное значение показывает, насколько измеренные величины колеблются относительно средних значений. Коэффициент вариации рассчитывается на основе среднего значения и стандартного отклонения. В практическом плане оба они показывают однородность распределения значений. В данном случае наиболее неоднородны показатели «температура» и «расход», во всех случаях стандартное отклонение >1. Тем не менее выборка практически по всем показателям достаточно однородная (коэффициент вариации <20).

Отмечена обратно пропорциональная зависимость между показателями электропроводности и прозрачности (коэффициент корреляции в весенний период составил 0,97, а в летний – 0,73) и прямо пропорциональная зависимость между показателями концентрации кислорода и водородным показателем (коэффициент корреляции в весенний период – 0,94, в летний – 0,59).

Значения показателей в фоновых створах имели различия, но не выходили за рамки рассчитанных средних величин. В створе № 13 среда была более щелочная, а электропроводность меньше.

Результаты исследования в долях фона приведены в табл. 3.

Таблица 3  
Table 3

Физико-химические исследования вод в долях фона  
Physicochemical studies of waters in fractions of the background

№ створа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Фон
Значение															
Весна															
рН, ед.рН	0,93	0,96	1,02	0,93	0,93	0,97	0,97	0,99	0,97	1,07	0,96	0,94	1	–	8,1
χ, мСм/см	1,46	1,44	1,24	0,67	0,86	1,49	1,19	1,13	1,08	1,29	1,56	1,29	1	–	0,63
прозрачность, см	1,08	1,33	1,00	1,08	1,04	1,33	1,46	0,96	1,08	1,08	0,75	0,96	1	–	24
кислород, мг/дм³	0,73	0,75	0,99	0,88	0,85	0,63	0,93	1,04	1,09	0,72	0,77	0,87	1	–	8,34
Лето															
рН, ед.рН	0,97	0,97	1,02	0,92	0,94	1,00	0,98	1,01	1,01	1,08	0,93	0,96	1,00	0,98	8,02
χ, мСм/см	1,52	1,44	1,25	0,69	0,84	1,34	1,02	1,06	0,98	1,22	1,31	1,23	1,00	0,73	0,64
прозрачность, см	1,30	1,30	1,19	1,00	1,04	1,41	1,19	1,00	1,19	1,04	0,89	0,70	1,00	0,89	27
кислород, мг/дм³	0,76	0,87	0,95	1,01	0,96	0,70	0,96	1,11	0,96	0,82	0,79	0,96	1,00	1,03	7,14
Осень															
рН, ед.рН	1,00	0,97	1,05	–	–	0,99	–	–	–	1,03	–	–	–	–	7,71
χ, мСм/см	1,00	0,93	0,94	–	–	0,82	–	–	–	0,49	–	–	–	–	0,97
прозрачность, см	1,00	0,97	0,94	–	–	0,97	–	–	–	0,94	–	–	–	–	31
кислород, мг/дм³	1,00	1,59	1,43	–	–	1,27	–	–	–	1,40	–	–	–	–	6,12

Примечание: прочерк – водоток пересох

Note: dash – the watercourse is dry

*Экология и природопользование*  
*Сыстерова А.В., Борисов А.А.*

### Обсуждение

При сравнении измеренных значений с нормативами рыбохозяйственного водоема и с санитарно-гигиеническими нормативами водоема, используемого для целей рекреации, превышений выявлено не было.

Для всех водотоков определено стандартное отклонение от среднего значения по показателям pH, температуры, электропроводности, прозрачности и концентрации кислорода.

По значениям pH за пределы среднего квадратичного отклонения выходили значения в створах № 1 (весна), № 2 (осень), ручей № 10 (лето), ручей № 12, исток (осень, лето), ручей № 3, 200 м от истока (лето).

По температуре – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна и осень), № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) (лето), № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока (лето и осень), № 10 (ручей № 12, исток) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (лето), № 13 (ручей № 9) (лето).

По электропроводности – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (лето), № 4 (ручей № 2) (весна, лето), № 5 (ручей № 10) (весна), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна).

По прозрачности – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето, осень), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (весна, лето), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна, лето), № 7 (ручей № 11, 1400 м от истока) (весна), № 10 (ручей № 12, исток) (лето), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна), № 12 (ручей № 3, 1295 м от истока) (лето).

Концентрация кислорода – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето, осень), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (осень), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна, лето), № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) (весна), № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока) (весна), № 10 (ручей № 12, исток) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна), № 14 (водоем, со стороны ул. Встречной) (лето).

Наибольшее общее количество значений, не укладывающихся в пределы среднего квадратического отклонения, выявлено в следующих створах: № 1 (ручей № 1, 146 м от истока), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), № 10 (ручей № 12, исток). Если в створах № 6 и № 10 влияние антропогенного воздействия очевидно в силу их расположения, то створ № 1 находится на достаточном удалении от жилой застройки, и антропогенное влияние на него маловероятно. Скорее всего, высокие значения удельной электропроводности обусловлены естественной минерализацией вод главным образом кальцием и магнием.

При анализе показателей по величине отклонения от средних значений и по превышению над фоновыми значениями наиболее сильно выделяются створы № 2 (ручей № 1, 432 м от истока), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), № 10 (ручей № 12, исток). Эти точки находятся ближе всех к жилой зоне. Предполагается, что в районе этих точек в водотоки могут попадать стоки с жилой зоны. Отмечается, что близость жилой зоны соответствует более значимым отклонениям показателей, чем близость автодорог.

По результатам оценки состояния экосистем, степень их деградации изменялась от средней до очень слабой. Наибольшую нагрузку испытывают пойменные экосистемы в водосборном бассейне 1.4. и 1.5 (табл. 4). Это может быть связано с наибольшей концентрацией объектов рекреации: экологических троп, детских и спортивных площадок, прудов (водосбор 1.4.), а также близостью жилой застройки (водосбор 1.5 ближе всех соотнесен с урбанизированной территорией; в его пределах располагается несколько торговых центров, спортивный комплекс им. В.П. Сухарева и жилая зона). Наименее деградированные экосистемы наблюдаются в водосборном бассейне 1.3.

Таблица 4  
Table 4

Результаты оценки степени деградации экосистем водосборных бассейнов  
 Assessment of the degree of the ecosystems' degradation in the watersheds

Водосбор	Доля площади, занятой экосистемами с соответствующей степенью деградации						Общий балл деградации	Характеристика степени деградации экосистем
	0	1	2	3	4	5		
1.1.	0	0,82	0	0,09	0	0,09	1,48	Очень слабодеградированные
1.2.	0	0,73	0,05	0	0	0,14	1,45	Очень слабодеградированные
1.3.	0	0,87	0	0,11	0	0,02	1,31	Очень слабодеградированные
1.4.	0	0,54	0	0,46	0	0,35	1,92	Очень слабодеградированные
1.5.	0	0,36	0	0	0	0,64	3,56	Среднедеградированные
2	0	0,76	0	0,13	0	0,11	1,71	Очень слабодеградированные

По данным о степени деградации и физико-химическим параметрам составлены графики для весеннего и летнего периодов (рис. 4). В осенний период во всех выбранных руслах вода отсутствовала.

Водородный показатель имеет прямую зависимость от степени деградации экосистем, при увеличении степени деградации pH становится более щелочной (рис. 4а). Это может быть связано с развитием фотосинтезирующих организмов: макрофитов и фитопланктона. В свою очередь развитие фотосинтезирующих организмов может свидетельствовать о повышении концентрации CO<sub>2</sub> и снижении концентрации O<sub>2</sub> в водах, так как при потреблении CO<sub>2</sub> водными фотосинтезирующими организмами высвобождаются ионы OH<sup>-</sup> [15]. Биотоп с наибольшим показателем степени деградации выбивается из общего массива. В этом случае мы видим, что показатель pH обретает свое наивысшее значение.

Экология и природопользование  
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

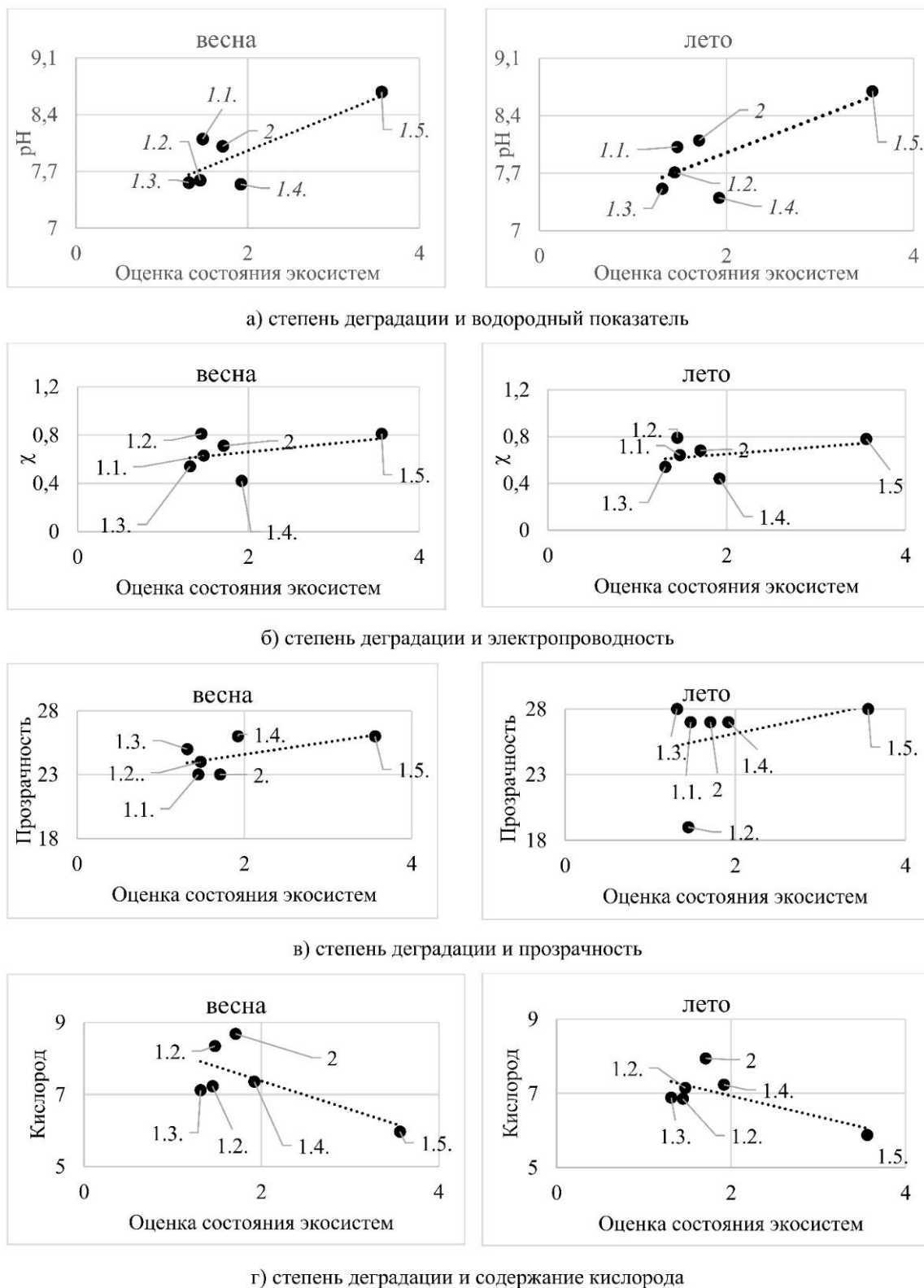


Рис. 4. Степень деградации и водородный показатель в ручьях на выходе из экосистем водосборных бассейнов «Черняевского леса» (курсивом обозначены номера водосборных бассейнов)

Fig. 4. The degradation degree and hydrogen index in streams at the outlet of the ecosystems of the 'Chernyaevsky Forest' watersheds (italicized are watershed numbers)

*Экология и природопользование*  
*Сыстерова А.В., Борисов А.А.*

Изменение водородного показателя также может быть связано с изменением количества минеральных солей в водах водотоков. На графике взаимозависимости степени деградации экосистем и электропроводности (рис. 4б) мы видим такую же картину, как при исследовании зависимости деградации экосистем и водородного показателя. Электропроводность с повышением значения деградации увеличивается. В точке с наивысшим показателем деградации электропроводность имеет наивысшее значение.

Наименьшее значение электропроводности наблюдается в водотоках водосбора 1.4. Возможно, воды на этом участке сами по себе менее минерализованы, чем в других участках «Черняевского леса», или воды ручья № 2 менее минерализованы в силу преобладания атмосферного питания.

Однозначной зависимости между степени деградации экосистем и прозрачностью, концентрацией кислорода выявлено не было, но отмечены некоторые тренды. Так, концентрация кислорода при деградации системы снижается (рис. 4г). Прозрачность при увеличении деградации повышается, при этом более интенсивные изменения происходили в летний период (рис. 4в). Противоречивость последнего, скорее всего, обусловлена, с одной стороны, недостаточным количеством точек для построения более объективной линии тренда, с другой стороны, явным отклонением водосбора 1.5 с высокой степенью деградации экосистем от остальных точек, что повлияло на искажение линии тренда.

На экосистемы «Черняевского леса» влияет близость жилой застройки и рекреация. Влияние проявляется в увеличении водородного показателя и электропроводности. С увеличением нагрузки водная среда становится более щелочной, а также повышается концентрация минеральных солей.

Оценить влияние инфраструктуры можно на примере створов № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока) и № 14 (водоем со стороны ул. Встречной). Два эти створа располагаются на одном водотоке, но разделены автодорогой (ул. Встречная). Так как весной и осенью вода в створе № 14 отсутствовала, сравним показатели летнего периода. Так как графики (рис. 4а, б) показали прямую зависимость водородного показателя и электропроводности от состояния экосистем, в сравнении створов 9 и 14 используем эти показатели. В наиболее подверженном антропогенной нагрузке створе электропроводность и водородный показатель должны быть выше. Это наблюдается в створе № 9, который находится за границей «Черняевского леса», после прохождения водотоком автодороги. Кроме этого, по сравнению со створом № 14 наблюдается потепление воды на 2 °С.

При сравнении с другими работами, посвященными изучению малых рек по аналогичным показателям, выяснено, что наиболее репрезентативными показателями были pH и электропроводность. Они могли изменяться в зависимости от времени года, а также в местах сбросов. В случае водотоков «Черняевского леса» такая закономерность тоже наблюдается.

При исследовании водотоков «Черняевского леса» наибольшая электропроводность выявлена в створах № 1, 2, 3, 6, 11. Створы 3, 6, 11 располагаются вблизи границ ООПТ и подвергаются наибольшей антропогенной нагрузке предположительно в виде загрязненного смыва с ближайших автодорог. По другим показателям в этих створах статистически обнаружены отклонения от средних значений, но створы № 1 и 2 территориально находятся в более благоприятной обстановке. Вероятно, что на створы оказывает влияние рекреация, т.к. вблизи них располагается множество рекреационных объектов и троп.

### **Заключение**

Состояние всех обследованных водотоков ООПТ «Черняевский лес» соответствует нормативным как рыбохозяйственным, так и санитарно-гигиеническим требованиям.

Превышения значений показателей над фоновыми отмечены в створах, располагавшихся у границ ООПТ, а также в местах наиболее интенсивной рекреации (створы № 1, 6, 10). Наибольшее количество отклонений от средних значений показателей также обнаружено в створах, соседствующих с городской застройкой и рекреационными объектами.

Наиболее показательной оказалась оценка при комбинировании двух методов сравнения – статистического и фоновых значений, так как оценка по рыбохозяйственным и санитарно-гигиеническим нормативам не дает полного представления об изменениях качества водотоков «Черняевского леса», но она применима при сравнении с другими водотоками.

Общая степень деградации экосистем водосборных бассейнов «Черняевского леса» изменяется от средней до очень слабой. Деградация вызвана рекреационной нагрузкой и близким расположением к объектам городской инфраструктуры. Выявлена зависимость между степенью деградации лесных экосистем и показателями pH и электропроводности: при увеличении степени деградации pH и электропроводность увеличиваются.

Обследование показало, что экосистемы подвержены антропогенному воздействию в виде вытаптывания растительности и захламления пойм. Также в результате маршрутного обследования установлено, что значительная часть стока водотоков южной части территории поступает непосредственно с жилой зоны. Поэтому на данных участках негативное воздействие наиболее комплексное и требует выполнения мониторинговых гидрохимических и экосистемных исследований. Это позволит увеличить количество значений для построения более точных статистических зависимостей физико-химических параметров от уровня деградации природной среды.

## Экология и природопользование

Сыстерова А.В., Борисов А.А.

## Библиографический список

1. Алексеевский Н.И. Концепция геостока и состояние малых рек // Эрозионные и русловые процессы: Межвузовский научно-координационный совет по проблеме эрозии, русловых и устьевых процессов при МГУ. 2000. Вып. 3. С. 68–77. EDN: WHYTUN
2. Алентьев Ю.Ю. Экспресс-оценка экологического состояния малых рек на примере реки малая Истра // Сергеевские чтения: геоэкологические аспекты реализации национального проекта «Экология». Диалог поколений: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН). 2020. Вып. 22. С. 339–342. EDN: ENCDOZ
3. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 020804 – геоэкология / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с. ISBN: 5-9571-0249-0 EDN: QKHSBH
4. Антропогенная трансформация экосистем на особо охраняемой природной территории «Черняевский лес» / С.А. Бузмаков [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 173–175. EDN: OWSLPJ
5. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 516 с. ISBN: 978-5-905906-75-6
6. Бузмаков С.А. Методические указания «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» // Географический вестник. 2011. № 2 (17). С. 49–59. EDN: OALKXXV
7. Бузмаков С.А., Воронов Г.А., Андреев Д.Н. Роль ООПТ «Черняевский лес» в г. Перми // Географический вестник. 2013. № 1 (24). С. 87–95. EDN: QILMCF
8. Бузмаков С.А., Кувшинская Л.В., Жекин А.В. Оценка современного состояния особо охраняемой природной территории «Черняевский лесопарк г. Перми» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 1-3. С. 408–413. EDN: LMAWXB
9. Васильева Е.Ю., Буравлева В.П. Таксономическое разнообразие бентофауны ручья Светлого и оценка его экологического состояния // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2015. Т. 1. С. 329–332. EDN: VUZALH
10. Водные объекты и их роль в формировании экологической обстановки города Перми: учебное пособие для учителей средних учебных заведений, студентов вузов / С.А. Двинских [и др.]. Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Пермский гос. ун-т». Изд. 2-е, перераб. и доп. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2008. 174 с. ISBN: 978-5-7944-1200-0 EDN: QKNHFX
11. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. М.: Международный социально-экологический союз, 2000. 148 с. ISBN: 5-88587-140-X EDN: UDGHSF
12. Двинских С.А., Зуева Т.В., Зеленина Е.С. Комплексная эколого-гигиеническая характеристика как основа для благоустройства лесопарковой зоны городских территорий // Здоровье семьи – 21 век. 2011. № 3 (3). С. 3. EDN: PCQZWT
13. Кувшинская Л.В., Андреев Д.Н. Структура почвенного покрова ООПТ «Черняевский лесопарк г. Перми» // Географический вестник. 2009. № 1 (9). С. 64–68. EDN: NDARQZ
14. Новые экосистемы: Теоретические и управленческие аспекты нового экологического мироустройства / Р.Дж. Хоббс [и др.] // Глобальная экология и биогеография. 2006. № 15. С. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x> (дата обращения: 01.02.2024) DOI: 10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x
15. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 22 августа 2023 года): приказ М-ва сельского хозяйства Рос. Федерации от 13.12.2016 № 552. Доступ из электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 01.02.2024)
16. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 28.01.2021 № 2. Доступ из электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.02.2024)
17. Овеснов С.А., Ефимик Н.Г., Молганова Н.А. Антропогенная трансформация экосистем городских лесов г. Перми // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 157–159. EDN: ZUJVLX
18. Оценка влияния городских снегоотвалов на загрязнение малых рек и прилегающих территорий / Т.В. Носкова [и др.] // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2015. № 2 (37). С. 10–15. EDN: UCDSST
19. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2002. 114 с. EDN: FMJFDX
20. Physico-chemical and bacteriological characterisation of surface water in Bamenda (North West Cameroon) / M.M. Alice [et al.] // Applied Water Science. 2021. No. 11. P. 1–13. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3 EDN: CARNIB21
21. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure / J.W. Christopher [et al.] // Journal of the North American Benthological Society. 2005. No. 24. P. 706–723. DOI: 10.1899/0887-3593(2005)024

## References

1. Alekseevsky, N. I., (2000). The concept of geostock and the state of small rivers, *Erosion and channel processes. Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, channel and estuary processes at MSU*, 3, pp. 68–77.
2. Alentiev Yu.Yu. (2020). Express-evaluation of the ecological state of small rivers on the example of the river small Istra. In: PFUR (Peoples' Friendship University of Russia), Sergeev readings: geo-ecological aspects of the realization of the national project "Ecology". Dialogue of generations: Proceedings of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology (Issue 22). Moscow, pp. 339–342.
3. Petin, A.N., Lebedeva, M.G. and Krymskaya O.V. (2006). Analysis and assessment of surface water quality: textbook. Belgorod: BelSU Publishing House.
4. Buzmakov, S.A., Andreev, D.N., Zaitsev, A.A. (2011). Anthropogenic transformation of ecosystems in the specially protected natural area "Chernyaev forest". Bulletin of the Orenburg State University, 12(131), pp. 173–175.
5. Buzmakov, S. A. ed., (2017). Atlas of specially protected natural territories of Perm Krai. Perm: Aster.
6. Buzmakov, S.A., Ovesnov, S.A., Shepel, A. I., Zaitsev, A.A. (2011). Methodological guidelines "Ecological assessment of the state of specially protected natural territories of regional significance". *Geographical Bulletin*, No2(17), pp. 49–59.

## Экология и природопользование

Сыстерова А.В., Борисов А.А.

7. Buzmakov, S.A., Voronov, G.A., Andreev, D.N. (2013). The role of the protected area "Chernyaev forest" in Perm. *Geographical bulletin*, No1(24), pp. 87–95.
8. Buzmakov, S.A., Kuvshinskaya, L.V., Zhekin, A.V. (2009). Assessment of the current state of the specially protected natural area "Chernyaev Forest Park of Perm". *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 11(1-3), pp. 408–413.
9. Vasilyeva, E.Y., Buravleva, V.P. (2015). Taxonomic diversity of benthic fauna of the Svetly stream and assessment of its ecological state. *Ecology and scientific and technological progress: Urbanistics*. No1, pp. 329–332.
10. Dvinsky, S. A. ed. (2008). Water bodies and their role in the formation of the ecological situation of the city of Perm: a textbook for teachers of secondary educational institutions, university students, 2nd edition, Perm: Perm State University.
11. Guseva, T.V., Molchanova, Y.P., Zaika, E.A. (2000). Hydrochemical indicators of the environment: Reference materials. Moscow: International Socio-Ecological.
12. Dvinskikh, S.A., Zueva, T.V., Zelenina, E.C. (2011). Complex ecological and hygienic characteristics as a basis for the improvement of the forest park zone of urban territories. *Family health - 21st century*, 3(3), p.3.
13. Kuvshinskaya, L.V., Andreev, D. N. (2009). The structure of the soil cover of the protected area "Chernyaev forest park of Perm". *Geographical bulletin*, No1(9), pp. 64–68.
14. Hobbs R.J., Arico S., Aronson J., Baron J.S., Bridgewater P., Cramer V.A., Epstein P.R., Ewel J.J., Klink C.A., Lugo A.E., Norton D., Ojima D., Richardson D.M., Sanderson E.W., Valladares F., Vilà M., Zamora R., Zobel M., (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*. 15(1), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x>.
15. On approval of water quality standards for water bodies of fisheries importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries importance, (Order No. 552 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 13 December 2016). [online] Available at: <<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006>> [Accessed 02 April 2024].
16. On approval of Sanitary Rules and Regulations 1.2.3685-1 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans", (Resolution No.2 of the Chief State sanitary doctor of the Russian Federation on 28 January 2021). [online] Available at: <<https://docs.cntd.ru/document/573500115>> [Accessed 02 April 2024].
17. Noskova, T.V., Eirikh, S.S., Ovcharenko, E.A. (2015). Assessment of the impact of urban snow dumps on pollution of small rivers and adjacent territories. *Izvestiya Altaiskogo secession of the Russian Geographical Society*, 2(37), pp. 10–15.
18. Ovesnov, S.A., Efimik, E.G., Molganova, N.A. (2017). Anthropogenic transformation of ecosystems of urban forests of Perm. *Anthropogenic transformation of the natural environment*, No3, pp. 157–159.
19. Tkachev B.P., Bulatov V. I. (2002). Small rivers: current state and environmental problems. *Ecology. Series of analytical reviews of world literature*, 64. pp. 1–114.
20. Physico-chemical and bacteriological characterisation of surface water in Bamenda (North West Cameroon) / M.M. Alice [et al.] // *Applied Water Science*. 2021. №11. P. 1–13. doi: 10.1007/s13201-021-01512-3.
21. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure / J. W. Christopher [et al.] // *Journal of the North American Benthological Society*. 2005. №24. P. 706–723. doi: 10.1899/0887-3593(2005)024[0706:TUSSCK]2.0.CO;2.

Статья поступила в редакцию: 10.04.24, одобрена после рецензирования: 17.06.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 10 April 2024; approved after review: 17 June 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

## Информация об авторах

**Александра Валерьевна Сыстерова**

студент магистратуры, кафедра биогеоценологии и охраны природы Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: Systerova-alexandra@yandex.ru

**Александр Александрович Борисов**

кандидат технических наук, научный сотрудник, Камский филиал, Российский НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов; 614002, Россия, Пермь, ул. Николая Островского, 113

e-mail: borissoff@mail.ru

## Information about the authors

**Alexandra V. Systerova**

Master's Student, Department of Biogeocenology and Nature Conservation, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

**Alexander A. Borisov**

Candidate of Technical Sciences, Researcher, Kama Branch of the Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources; 113, Nikolaya Ostrovskogo st., Perm, 614002, Russia

**Вклад авторов**

Сыстерова А.В. – сбор материала, написание статьи, обработка материала, работа с ГИС, создание карт.

Борисов А.А. – сбор материала, обработка материала, научное редактирование.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Contribution of the authors**

Alexandra V. Systerova – collection of the materials; writing of the article; data processing; work with GIS; creation of the maps.

Alexander A. Borisov – collection of the materials; data processing; scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.