

# ВЕСТНИК

ТВЕРСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

Серия: География и геоэкология

№ 1 (45), 2024

*Научный журнал*

*Основан в 2006 г.*

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
ПИ № ФС 77-78006 от 3 марта 2020 г.

**Учредитель:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный университет»

**Редакционная коллегия серии:**

д-р экон. наук, доц. С.И. Яковлева (*главный редактор*);  
д-р геогр. наук, доц. О.А. Тихомиров (*зам. главного редактора*);  
канд. геогр. наук П.Н. Кравченко (*ответственный секретарь*);  
д-р геогр. наук, проф. А.А. Ткаченко;  
д-р геогр. наук, проф. А.И. Алексеев (г. Москва);  
д-р геогр. наук, проф. А.П. Катровский (г. Смоленск);  
д-р геогр. наук, доц. Л.П. Богданова;  
д-р геогр. наук, проф. А.Ю. Александрова (г. Москва);  
д-р геогр. наук, проф. Н.Е. Сердитова;  
д-р биол. наук, проф. М.В. Марков (г. Москва);  
д-р геогр. наук, чл.-кор. РАН К.Н. Дьяконов (г. Москва);  
д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Белоцерковский;  
д-р геогр. наук, проф. А.В. Евсеев (г. Москва);  
д-р физ.-мат. наук, проф. С.А. Лебедев (г. Москва);  
канд. геогр. наук, доц. Е.Р. Хохлова

**Адрес редакции:**

Россия, 170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3, к. 2, каб. 101  
Тел.: +7 (4822) 77-84-17

*Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть*

© Тверской государственный  
университет, 2024

*Scientific Journal*

*Founded in 2006*

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications,  
Information Technology and Mass Media

PI № ФС77-78006 of March 3, 2020

**Translated Title:**

Herald of Tver State University. Series: Geography and Geoecology

**Founder:**

Federal State Budget Educational Institution  
of Higher Education  
«Tver State University»

**Editorial Board of the Series:**

D.Sc. in Economics, assoc. prof. S.I. Yakovleva (*editor-in-chief*);  
D.Sc. in Geography, assoc. prof. O.A. Tikhomirov (*deputy editor*);  
Ph.D. in Geography, assoc. prof. P.N. Kravchenko (*executive secretary*);  
D.Sc. in Geography, prof. A.A. Tkachenko;  
D.Sc. in Geography, prof. A.I. Alekseev (Moscow);  
D.Sc. in Geography, prof. A.P. Katrovsky (Smolensk);  
D.Sc. in Geography, assoc. prof. L.P. Bogdanova;  
D.Sc. in Geography, prof. A.Yu. Alexandrova (Moscow);  
D.Sc. in Geography, prof. N.E. Serditova;  
D.Sc. in Biology, prof. M.V. Markov (Moscow);  
D.Sc. in Geography, Corresponding Member of RAS, prof. K.N. Dyakonov (Moscow);  
D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, prof. A.V. Belotserkovsky;  
D.Sc. in Geography, Prof. A.V. Evseev (Moscow);  
D.Sc. in Physical and Mathematical Sciences, prof. S.A. Lebedev (Moscow);  
Ph.D. in Geography, assoc. prof. E.R. Khokhlova

**Editorial Office:**

Office 101, b. 2, 3, Proshina st., Tver, 170021, Russia  
Tel.: +7 (4822) 77-84-17

*All rights reserved. No part of this publication  
may be reproduced without the written permission of the publisher.*

© Tver State University, 2024

## *Содержание*

### **Физическая география и геоэкология**

<i>Тихомиров О.А.</i> Анализ влияния г. Твери на химический состав воды реки Волги.....	5
<i>Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Чекмарева Е.А.</i> Сравнительная гидрохимическая характеристика различных типов озер Тверской области .....	13
<i>Рудников Л.С.</i> Оценка трофического состояния тестовых участков акватории Удомельского водохранилища .....	23
<i>Сурсимова О.Ю., Муравьева Л.В., Сергеев А.Р.</i> Анализ изучения загрязнения окружающей среды микропластиком в работах российских исследователей.....	36
<i>Муравьева Л.В., Сафронова Е.О.</i> Динамика растительного покрова на нарушенном болоте Васильевский Мох.....	55

### **Социально-экономическая география**

<i>Соколов Н.Д., Яковлева С.И.</i> Классификации городов – туристских центров.....	69
<i>Преображенский Ю.В., Чеснаков А.А.</i> Некоторые подходы к оценке аттрактивности малых провинциальных городов .....	83

## CONTENT

### Physical geography and geocology

<i>Tikhomirov O.A.</i> Analysis of the influence of Tver on the chemical composition the waters of the Volga river.....	5
<i>Grigoryeva I.L., Komissarov A.B., Kuzovlev V.V., Chekmareva E.A.</i> Comparative hydrochemical characteristics of different types of lakes in the Tver region.....	13
<i>Rudnikov L.S.</i> Assessment of the trophic state of the test sites of areas of the Udomel reservoir.....	23
<i>Sursimova O.Yu., Muraveva L.V., Sergeev A.R.</i> Analysis of the study of environmental pollution by microplastics in the works of russian researchers.....	36
<i>Muraveva L.V., Safronova E.O.</i> Dynamics of vegetation cover on the disturbed swamp Vasilievsky Moss.....	55

### Socio-economic geography

<i>Sokolov N.D., Yakovleva S.I.</i> Classifications of tourist centers.....	69
<i>Preobrazhenskiy Yu.V., Chesnakov A.A.</i> Some approaches to assessing the attractiveness of small provincial towns .....	83

## **Физическая география и геоэкология**

УДК 543.42:547.979.7

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-5-12>

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ г. ТВЕРИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ РЕКИ ВОЛГИ**

**О.А. Тихомиров**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

На основе данных мониторинговых наблюдений приводится характеристика изменения гидрохимических показателей р.Волги. Установлено закономерное увеличение концентрации загрязняющих компонентов вниз по течению реки под влиянием сточных вод г. Твери.

*Ключевые слова:* химический состав, гидрохимия, загрязнение, мониторинг, река Волга.

**Постановка проблемы и методика работы.** Сточные воды городов и сельских населенных пунктов оказывают стойкое воздействие на гидрохимический состав и качество воды водотоков и водоемов. Одним из важных факторов, играющих существенную роль в формировании гидрохимического режима Верхней Волги, является город Тверь.

В этой связи основной задачей настоящей работы является оценка гидрохимических показателей и современного качества воды Верхней Волги на участке в районе г. Твери.

В работе использовались материалы мониторинга качества поверхностных вод Тверского филиала ФГБУ «Гидрометеоцентр», а также интернет – источники.

В ходе мониторинга производился отбор проб в двух пунктах наблюдения: пункт № 1 – в 8,1 км выше гидрологического поста, расположенного в г. Твери и пункт № 2 – в 15 км ниже впадения р. Тверца и 6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений.

В лабораторных условиях определялись 11 показателей: БПК<sub>5</sub>, фосфаты, оксид азота, железо, медь, никель, хром, свинец, фенол, нефтепродукты, растворенный кислород (табл. 1 и 2) [1].

© Тихомиров О.А., 2024

Таблица 1

Гидрохимические показатели по пункту наблюдения № 1  
(р. Волга, г. Тверь в 8,1 км выше гидрологического поста) [4, 5]

№ пункта	Название ингредиента, ед. измерения	Средняя годовая конц. / Максимальная конц. за год			ПДК
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Пункт № 1 р. Волга, г. Тверь в 8,1 км выше гидрологического поста	БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,03/ <b>3,18</b>	1,66/ <b>3,04</b>	1,6/ <b>3,74</b>	2,1
	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0,015/0,02	0,017/0,035	0,011/0,02	0,2
	Оксид азота, мг/дм <sup>3</sup>	0,008/0,01	0,006/0,013	0,004/0,01	0,02
	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,17/0,242</b>	<b>0,151/0,212</b>	<b>0,202/0,34</b>	0,1
	Медь, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>4,88/26,3</b>	<b>2,88/6,8</b>	<b>1,79/4,6</b>	1
	Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	2,29/4,4	2,79/9,8	1,23/1,8	10
	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	1,04/2,3	1,11/3,9	0,608/1,3	70
	Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	3,65/7,2	2,92/7,2	1,39/2,5	100
	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,002/0,005</b>	<b>0,001/0,002</b>	<b>0,002/0,003</b>	0,001
	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,01/0,017	0,01/0,017	0,01/0,02	0,05
	Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	10,9/13,5	11,4/12,7	10,9/13,6	6

Таблица 2

Гидрохимические показатели по пункту наблюдения № 2  
(р. Волга, г. Тверь в 6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений) [4, 5]

№ пункта	Название ингредиента, ед. измерения	Средняя годовая конц. / Максимальная конц. за год			ПДК
		2020г.	2021г.	2022г.	
Пункт № 2 р. Волга г. Тверь, в 6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений	БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<b>2,52/3,9</b>	<b>2,48/5,45</b>	<b>2,43/4</b>	2,1
	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0,014/0,024	0,032/0,046	0,026/0,047	0,2
	Оксид азота,	0,011/0,018	0,009/0,015	0,015/0,017	0,02
	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,18/0,227</b>	<b>0,174/0,302</b>	<b>0,17/0,234</b>	0,1
	Медь, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>3,29/5,1</b>	<b>3,14/6,6</b>	<b>2,03/5,7</b>	1
	Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	2,35/6,4	2,92/6,1	1,39/3	10
	Хром, мкг/дм <sup>3</sup>	0,818/1,3	1,47/4,7	0,983/2,2	70
	Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	3,78/9,8	3,83/7,6	1,91/3,4	100
	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,002/0,003</b>	<b>0,002/0,003</b>	<b>0,001/0,002</b>	0,001
	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,012/0,019	0,014/0,03	0,013/0,02	0,05
	Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	10,6/13,1	11,1/12,7	10,7/13,4	6

Анализ данных показывает, что среднегодовые показатели БПК<sub>5</sub> в пробах воды р. Волги на участке выше города Твери изменялись в период с 2020 по 2022 гг. в пределах от 1,6 до 2,03 мг/дм<sup>3</sup> и не превышали ПДК. В то же время максимально разовые величины достигали 3,04–3,74 мг/м<sup>3</sup>, что в 1,5 раза выше предельно допустимой концентрации.

Повышенные показатели БПК<sub>5</sub> можно связать с воздействием г. Твери, с поступлением в воду органических соединений, смывом с побережья промышленных и сельскохозяйственных загрязняющих веществ. В теплый период года такое явление совпадает с пиками развития речного фито- и бактериопланктона.

Изменение показателя БПК<sub>5</sub> в воде на участке р. Волги в 6 км ниже выпуска очистных сооружений города весьма существенно, наблюдается рост показателя до 2,43–2,54 мг/дм<sup>3</sup>. Фактор влияния сточных вод в этом пункте наблюдения очевиден. При этом среднегодовая величина БПК<sub>5</sub> несколько превышает ПДК, а максимально разовые показатели превышают ПДК почти в 2–2,5 раза (3,9–5,45 мг/дм<sup>3</sup>). Следует предположить, что этой протяженности водотока недостаточно для полного самоочищения воды от органических веществ.

Проведенные наблюдения свидетельствуют о том, что концентрации фосфатов в течение всего года как на участке выше (0,011–0,035 мг/дм<sup>3</sup>), так и ниже Твери (0,014–0,047 мг/дм<sup>3</sup>) близки к естественным показателям. При некотором увеличении содержания в воде фосфатов вниз по течению реки, оно существенно ниже ПДК (0,2 мг/дм<sup>3</sup>).

Подобная тенденция прослеживается и по оксиду азота. Так, при ПДК равном 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, концентрации оксида азота в воде выше города изменялись в пределах 0,004–0,017 мг/дм<sup>3</sup>, а ниже города составили 0,009–0,018 мг/дм<sup>3</sup>.

При проведении мониторинга качества поверхностных вод по двум пунктам наблюдения в районе Твери в период с 2020–2022 гг., был проведен анализ проб на содержание тяжелых металлов (железо, медь, никель, хром, свинец).

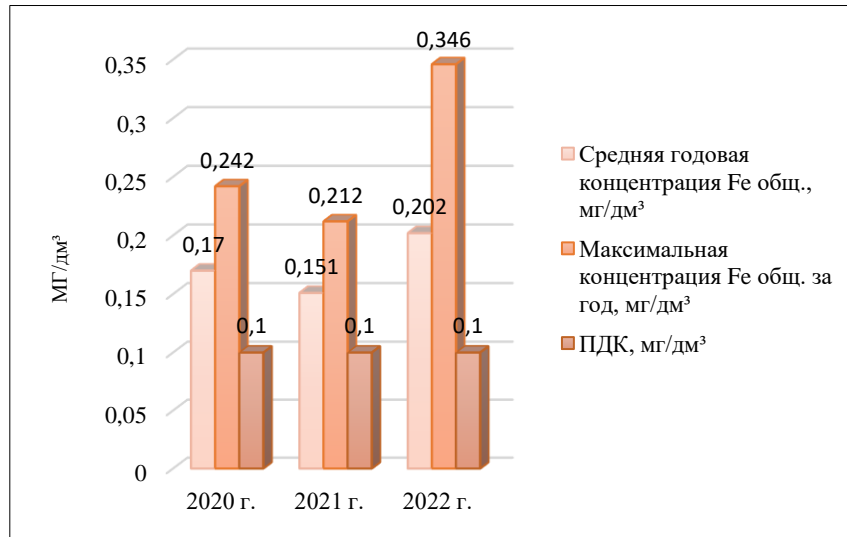


Рис. 1. Изменение содержания Fe общ. в воде на участке р. Волги по пункту наблюдения № 1 (выше города Твери)

Так, содержание железа в воде выше города в 2020–2022 гг. составило в среднем 0,15–0,20 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальные разовые концентрации достигали 0,21–0,34 мг/дм<sup>3</sup>. Такие же показатели обнаружены в анализируемых пробах ниже города (средние – 0,17–0,18 мг/дм<sup>3</sup>, максимальные – 0,22–0,30 мг/дм<sup>3</sup>).

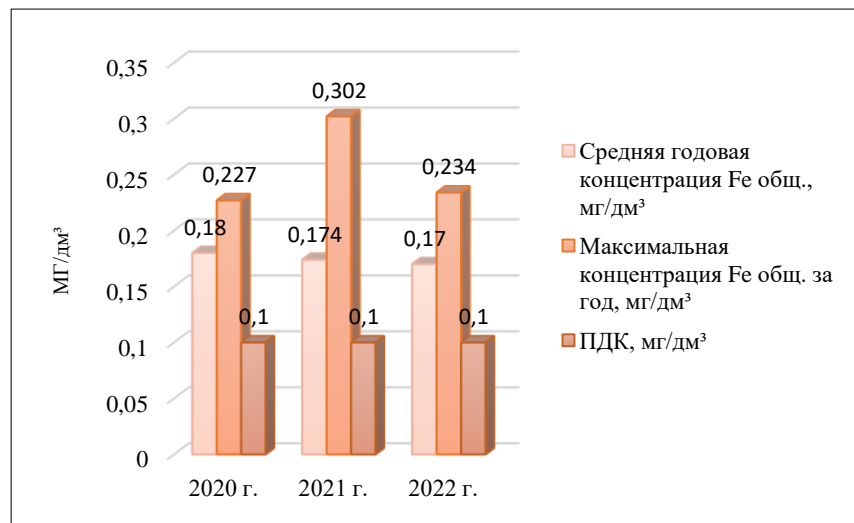


Рис. 2. Изменение содержания Fe общ. в воде на участке р. Волги по пункту наблюдения № 2 (6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений)



Таким образом, содержание в воде железа выше города систематически превышало ПДК по среднегодовой концентрации в 1,5 – 2 раза, а по максимальной разовой – в 2–3 раза. Ниже города – в 1,7–1,8 раза, а максимальные разовые концентрации превышали эту величину в 2–3 раза.

Тверская область отличается значительным уровнем заболоченности, а болотные и грунтовые воды играют существенную роль в питании Верхней Волги, что приводит к высокому естественному уровню содержания железа в воде реки. Сбросы сточных вод города Твери также являются причиной постоянного накопления общего железа в речных водах [2, 6].

Анализ полученных данных позволил установить, что изменение среднегодовой концентрации меди в воде на участке р. Волги выше города Твери составляло 1,79–4,88 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальная разовая концентрация колебалась в пределах 4,6–26,3 мг/дм<sup>3</sup>. Ниже города эти показатели составили соответственно: среднегодовые концентрации меди – 2,03 – 3,29 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальные – 5,1–6,6 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, среднегодовая концентрация меди в пробах воды в районе г. Твери превышала ПДК в 2020 – 2022 гг. в 1,5–5 раз. По максимальной разовой концентрации превышения ПДК достигали 4,5–26 раз.

Возможным источником загрязнения Волги медью могло стать проведение весенней обработки лесных насаждений и сельскохозяйственных культур медьсодержащими препаратами и смыв химикатов с обрабатываемых территорий в реку с поверхностным стоком [1, 2].

Наблюдения свидетельствуют о том, что концентрация других тяжелых металлов (никель, хром, свинец) в воде реки Волги в районе Твери в последние годы относительно невелика. Так, содержание никеля колеблется по годам и растет в анализируемых пробах вниз по течению (1,23–9,8 мг/дм<sup>3</sup>), но не достигает ПДК (10 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрации свинца (1,39–7,2 мг/дм<sup>3</sup>) и хрома (0,6–3,9 мг/дм<sup>3</sup>), также увеличиваются под влиянием города вниз по течению, но не достигают ПДК даже по максимальным разовым показателям.

Городская среда обычно является источником загрязнения нефтепродуктами. Однако в период с 2020 по 2022 гг., содержание нефтепродуктов колебалось в воде реки Волге в пределах от 0,01 до 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, с некоторым увеличением их концентрации вниз по течению, но не достигало ПДК (0,05 мг/дм<sup>3</sup>).

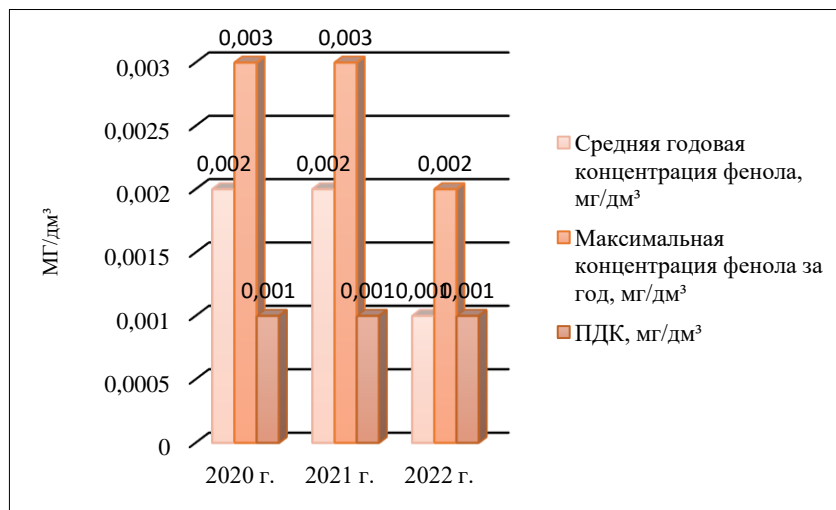


Рис. 3. Изменение содержания фенола в воде на участке р. Волги по пункту наблюдения № 2 (6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений)

Анализ показывает, что среднегодовая концентрация фенола в 2020 и 2022 гг. на исследуемом участке Волги соответствует 2ПДК, а в 2021 г. находилась на одном уровне с величиной ПДК. Максимальная разовая концентрация в исследуемый период превышала предельно допустимый норматив в 2–5 раз. Такие превышения могут свидетельствовать о влиянии сточных вод деревообрабатывающих предприятий, а также животноводческих хозяйств в районе г. Твери [3].

**Выводы.** Анализ показывает, что в 2020–2022 гг. в пунктах наблюдения реки Волги в районе г. Твери концентрации фосфатов и оксида азота в течение всего года как на участке выше, так и ниже Твери близки к их естественному содержанию. При некотором увеличении их концентрации вниз по течению реки, они существенно ниже ПДК.

Величина БПК<sub>5</sub> в воде выше Твери колеблется в разные годы от 1,6 до 2,03 мг/дм<sup>3</sup> и не превышает ПДК по средним годовым показателям, но имеет превышения по максимальным разовым концентрациям достигая величины 3,74 мг/дм<sup>3</sup>. Изменение показателя БПК<sub>5</sub> в воде на участке р. Волги ниже выпуска очистных сооружений города увеличивается (до 2,43–2,54 мг/дм<sup>3</sup>). При этом показатель среднегодовой величины БПК<sub>5</sub> несколько превышает ПДК, а максимально разовые показатели превышают ПДК почти в 2–2,5 раза.

Такое явление характерно для региона Верхней Волги и связано как с интенсивным развитием речного фитопланктона, так и со смывом органического вещества с водосбора и сбросом сточных вод города.

Наблюдения показали высокое содержание общего железа и меди в воде Верхней Волги. Таким образом, содержание в воде железа как выше, так и ниже города систематически превышало ПДК по среднегодовой концентрации в 1,5–2 раза, а по максимальной разовой в 2–3 раза. Среднегодовая концентрация меди в воде превышала ПДК в 1,5–5 раз. По максимальной разовой концентрации превышения составило от 4 до 26 раз.

Наблюдения свидетельствуют о том, что содержание никеля, свинца и хрома колеблется в реке Волге по сезонам и имеет многолетнюю динамику. Прослеживается выраженная тенденция роста их концентрации под влиянием города вниз по течению. Однако в последние годы их содержание в воде не превышало ПДК даже по максимальным разовым показателям.

Среднегодовая концентрация фенола на исследуемом участке Волги превышала ПДК в 2020 и 2022 гг. в два раза. Максимальная разовая концентрация в разные годы превышала предельно допустимый норматив в 2–5 раз.

С целью улучшения качества воды р. Волги в районе г. Твери следует рекомендовать снижение объемов сбросов сточных вод, а также проведение реконструкции очистных сооружений предприятий.

#### Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Тверской области 2022 г. URL: <https://www.ecoindustry.ru/gosdoklad/view/672.html>.
2. Григорьева И. Л., Комиссаров А. Б. Сравнительная гидрохимическая оценка современного состояния некоторых водных объектов Верхней Волги. // Водные ресурсы. 2014. № 3. С. 269–283.
3. Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны. М., Наука. 2000. 344 с.
4. Обзор состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2020 г. URL: <http://www.tvermeteo.ru/labor/2020-year.pdf>.
5. Обзор состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2021 г. URL: <http://www.tvermeteo.ru/labor/2021-year.pdf>.
6. Тихомиров О.А. Оценка современного загрязнения и качества воды Угличского водохранилища // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Химия». 2022. №1 (47). С. 142–151.

*Об авторе:*

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской

государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2);  
e-mail: tikhomirova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

## **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TVER ON THE CHEMICAL COMPOSITION THE WATERS OF THE VOLGA RIVER**

**O.A. Tikhomirov**

Tver State University, Tver

Based on the data of monitoring observations, the characteristic of changes in the hydrochemical parameters of the Volga River is given. A regular increase in the concentration of polluting components downstream of the river under the influence of wastewater has been established Tver.

**Keywords:** *chemical composition, hydrochemistry, pollution, monitoring, Volga River.*

Рукопись поступила в редакцию 4.02.2024

Рукопись принята к печати 11.02.2024

УДК 556.555.6

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-13-22>

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОЗЕР ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ\*

И.Л. Григорьева<sup>1</sup>, А.Б. Комиссаров<sup>2</sup>, В.В. Кузовлев<sup>2,3</sup>,  
Е.А. Чекмарева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, г. Конаково

<sup>2</sup> ФГБУ «Центральное управление по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды», г. Тверь

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Проведен сравнительный анализ гидрохимических характеристик озер Тверской области различного типа: Бологое, Великое, Волго, Селигер, Серемо, Сиг, Стерж, Удомля и Шлино в летний период. Установлено, что качество воды в озерах зависит от преимущественного типа питания и величины антропогенной нагрузки. В воде озера Бологое, испытывающего значительный антропогенный пресс, отмечены более высокие, чем в воде других озер, концентрации сульфатов, хлоридов и нитратов. Воды озер Великое и Волго наиболее цветные и отличаются более высокими концентрациями железа общего и аммонийного иона из-за высокой доли болотных вод в питании озер. Воды большинства исследованных озер маломинерализованные, нейтрально-щелочные, относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе.

**Ключевые слова:** Тверская область, озера, главные ионы, минерализация воды, биогенные элементы, показатели органического вещества.

### Введение и постановка проблемы

На территории Тверской области расположено более 3500 озер и искусственных водоемов общей площадью около 1850 км<sup>2</sup>, в том числе около 1750 озёр площадью более 0,01 км<sup>2</sup> и ряд озёр меньшего размера.

Наиболее крупные акватории имеют озера (в км<sup>2</sup>): Селигер (221,1), Волго (61,0), Шлино (32,43), Кафтино (32,35), Великое (32,0), Пирос (30,9), Сиг (30,63), Вселуг (30,6), Верестово (23,1), Серемо (19,62), Удомля (18,0), Стерж (17,9), Пено (16,7), Мстино (13,7), Охват (13,6), Сабро (12,1), Наволок (12,0), Щучье (11,09), Лучанское (10,0) [14].

© Григорьева Л.С., Комиссаров А.Б.,  
Кузовлев В.В., Чекмарева Е.А., 2024

---

\* Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН.

Озера имеют различное происхождение, так в западной и северо-западной части региона широко распространены ледниковые озёра, ряд озёр имеет сложное, смешанное происхождение. Встречаются также карстовые и пойменные озёра, последних много в долинах Медведицы, Мологи, Шоши и других рек. Некоторые крупные озера зарегулированы и превращены в водохранилища. Это такие озера, как Стерж, Вселуг, Пено, Волго, Песьво и Удомля, Шлино.

Регулярные мониторинговые гидрохимические наблюдения проводятся Тверским ЦГМС только на двух озерах: Селигер (г. Осташков) и Стерж (д. Коковкино). Многолетние исследования ведутся Ивановской НИС Института водных проблем РАН на озерах Волго и Шлино. Отбор проб воды на химический анализ в отдельные периоды и годы производился авторами также на озерах Селигер, Стерж, Вселуг, Пено, Бологое, Удомля, Сиг, Серемо.

Наиболее изученными и хорошо освещенными в литературе в настоящее время являются гидрохимический режим и качество воды озера Волго [1, 11], Селигер [4, 10, 11, 13, 15] и Удомля [3, 8].

В статье [5] приведены результаты химического анализа проб воды, отобранных в 11 озерах Тверской области таких, как Бросно, Бологое, Великое, Долгое, Кафтино, Пирос, Волго, Глубокое, Селигер, Песьво, Удомля на содержание ряда макро- и микроэлементов.

**Целью наших исследований** был сравнительный анализ основных гидрохимических характеристик различных типов озера Тверской области для оценки их современного состояния.

#### **Объекты и методика исследований**

Расположение обследованных озера представлено на рис. 1, а их морфометрические характеристики – в табл. 1.

Озеро Бологое ложбинного типа, имеет сложную форму, расположено в черте г. Бологое на севере Тверской области, в бассейне р. Коломенка (бассейн оз. Кафтино). Озеро загрязнено городскими и промышленными стоками.

Озеро Великое находится в системе Оршинско-Петровских озера, в 32 км к северо-востоку от Твери. Система «Оршинско-Петровских» озера расположена внутри болотного массива «Оршинский мох» площадью 43,2 тыс. га в пределах Калининского (48 %), Рамешковского (47 %) и Кимрского (5 %) районов Тверской области, в бассейне верхней Волги. Всего система включает 9 озера площадью от 2 до 32 км<sup>2</sup> [12]. Питание озера осуществляется за счет болотных и подземных вод и атмосферных осадков. Происхождение реликтовое, как остатки крупного приледникового озера. Берега большей частью низменные, побережье занимает верховое болото, лишь на западе расположена моренная гряда, на которой расположены населенные пункты и сельскохозяйственные угодья.

Из юго-восточной части озера вытекает река Созь, левый приток Иваньковского водохранилища, через которую идет сток основных крупных озёр Оршинско-Петровской системы (оз. Великое, Глубокое, Белое и др).

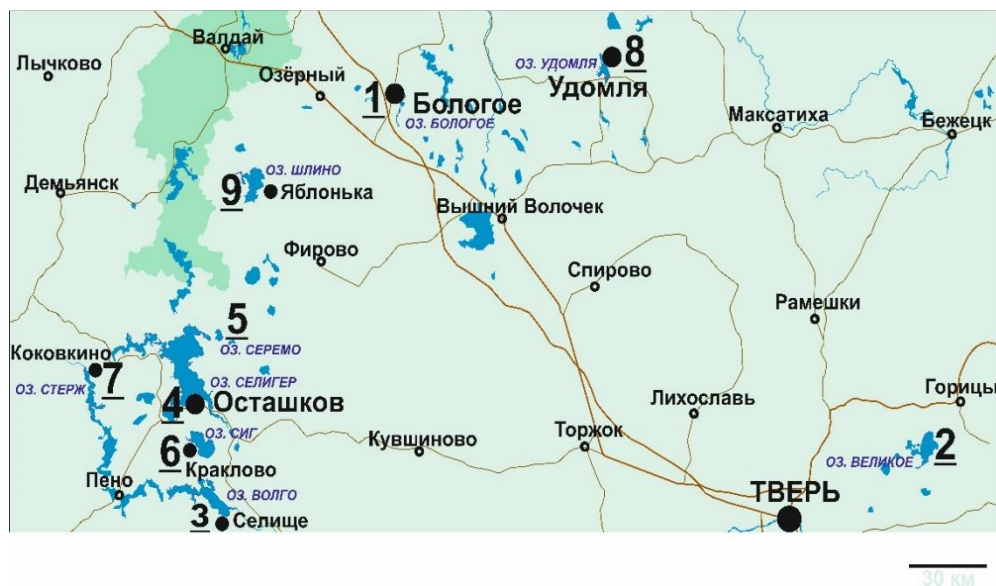


Рис. 1. Расположение исследованных озёр с точками отбора проб воды:  
1 – оз. Болוגое – г. Болוגое, 2 – оз. Великое – д. Петровское,  
3 – оз. Волго – д. Селище, 4 – оз. Селигер – г. Осташков, 5 – оз. Серемо,  
6 – оз. Сиг – д. Краклово, 7 – оз. Стерж – д. Коковкино,  
8 – оз. Удомля – о-в Двиново, 9 – оз. Шлино – д. Яблонька

Озеро Волго расположено в Селижаровском и Пеновском муниципальных округах, Осташковском городском округе Тверской области, на Валдайской возвышенности. Является крупнейшим в системе Верхневолжских озёр, включающей также озера Стерж, Вселуг и Пено. В 1845 г. зарегулировано Верхневолжским бейшлотом и входит в состав Верхневолжского водохранилища. Озеро Волго имеет постледниковое происхождение и относится к категории так называемых ложбинных озёр, котловины которых образовались при выпахивании земной поверхности языками ледника и впоследствии, при таянии ледника, заполнялись водой. Находится в окружении типичных моренных ландшафтов Валдайской возвышенности [7].

Стерж (ложбинное) – озеро в Осташковском районе Тверской области России, входит в систему Верхневолжских озёр на Валдайской возвышенности, первое, через которое проходит верхнее течение реки Волги. Является частью Верхневолжского водохранилища. Берега озера, относительно высокие, дно и берега сложены песком и галькой.

**Селигер (Осташковское)** – система озер на Валдайской возвышенности, на границе Тверской и Новгородской областей. Площадь водосбора, согласно данным Государственного водного реестра – 2310 км<sup>2</sup>, согласно другим данным – 2275 км<sup>2</sup> [7]. Озеро питают 110 притоков, а сток из озера происходит по р. Селижаровке (левый приток р. Волги). Озеро расположено в понижении между оставшимися от последнего Валдайского оледенения мореными грядами. Ледниковое происхождение озера объясняет его своеобразную форму – это не единый водоем, а цепочка озер, протянувшихся с севера на юг на 100 км и связанных между собой короткими узкими протоками [7].

Таблица 1  
Морфометрические характеристики исследованных озер  
Тверской области, по [2]

Название озера	Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	Длина, км	Ширина, (максимальная/средняя, км)	Глубина, м (максимальная/средняя)	Отметка уреза воды, м	Длина береговой линии, км
Бологое	7,9	7,5	3,0/1,05	4,35/3,0	172,2	28,2
Великое	32	11,70	5,4/2,74	3,5/2,7	139,3	30,1
Волго	61	40	3,8/6,0	8,0/3,0	206,5	–
Селигер	212	37–66	–	24/5,2	205,0	500
Серемо	19,6	5,1	4,2/3,8	3,0/1,8	222,3	16,4
Сиг	27,3	–	–	–/6,2	219	–
Стерж	18	12	до 1,5	8/5	206,5	–
Удомля	10	7,4	3,2	30/10	156,25	26,5
Шлино	35,0	8,8	7,0	3,0/1,9	199,65	48,0

В озёрную систему Селигер входят 24 плёса и озера, соединенные между собой короткими проливами-межтоками и длинными проливами-реками. Береговая линия озера имеет протяжённость более 500 км и значительно изрезана. Берега невысокие, местами песчаные, много естественных пляжей, но немало и крутых берегов, поросших сосной и елью.

Антропогенная деятельность в бассейне оз. Селигер обусловила переход озера из олиготрофного состояния в мезотрофное с отдельными эвтрофными зонами [7].

Озеро Серемо (моренно-аккумулятивное) расположено на севере Тверской области, на Валдайской возвышенности. Из южной части озера вытекает небольшая речка Серемуха, впадающая в озеро Селигер и принадлежащая бассейну Волги. Озеро имеет округлую форму, берега его низкие, заболоченные, заросшие лесом.



Озеро Сиг расположено в Осташковском районе, в 9 км к югу от г. Осташков. Озеро ложбинное, имеет овальную форму, слегка вытянуто с северо-запада на юго-восток. Берега озера невысокие, слабо изрезанные, восточный берег заболочен, западный более сухой. В озеро впадает несколько ручьев, из северо-восточной части озера вытекает маленькая речка Сиговка, впадающая через 8,2 км в Селижаровский плес озера Селигер.

Озеро Удомля (ложбинное) расположено на севере Тверской области, к северу от города Удомля. Озеро принадлежит бассейну Балтийского моря, из него вытекает река Съежа, приток Увери, впадающей, в свою очередь, во Мсту. Озеро вытянуто с севера на юг. В юго-западной части озера большой залив, в котором начинается короткая протока в соседнее озеро Песьво, а также расположен исток Съежи. В истоке Съежи построена плотина, регулирующая сток из озера и его уровень. В результате постройки плотины на р. Съежа озера Удомля и Песьво стали частью водохранилища – охладителя Калининской АЭС.

Шлино – озеро-водохранилище на границе Тверской и Новгородской области России, в бассейне Мсты. Происхождение озера моренно-подпрудное. Его северная треть относится к Валдайскому району Новгородской области, южная часть расположена в Фировском районе Тверской области. Озеро имеет овальную форму, слегка вытянуто с севера на юг. Линия берега очень изрезанная, многочисленны узкие заливы и мысы. Озеро зарегулировано в 1812 г. при сооружении бейшлота на реке Шлине, вытекающей из него.

Все выше перечисленные озера используются в той или иной степени для рекреации и рыбной ловли.

Озера значительно отличаются по площади водного зеркала и величине антропогенной нагрузки.

Опробование химического состава воды большинства озер проводилось авторами в летнюю межень 2008–2012 гг. Для оз. Удомля использовались данные полученные в июле 2019 г.

Химический анализ проб воды проводился в аккредитованной химической лаборатории Ивановской НИС – филиала ФГБУН ИВП РАН по аттестованным методикам.

Качество воды оценивалось по отдельным показателям в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов [9]. Результаты химического анализа проб воды представлены в табл. 2–4.

#### **Результаты исследования**

В период исследований температура воды в озерах колебалась в интервале от 17,9<sup>0</sup>С (оз. Шлино) до 25,2<sup>0</sup>С (оз. Удомля).

По величине рН воды всех озер, кроме Сиг, относятся к нейтрально-слабощелочным (7,1–8,4 ед. рН), а воды озера Сиг – к слабокислым (6,0 ед. рН).

Кислородный режим во всех озерах был благоприятным. В ряде озер в поверхностном горизонте отмечалось перенасыщение воды кислородом с максимум в оз. Бологое (131,3% насыщения).

По химическому составу воды большинства исследованных озер относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, по степени минерализации (М) – к очень мало минерализованным (оз. Великое и Серемо), мало минерализованным (Волго, Селигер, Сиг и Шлино) и средней минерализации (Бологое и Удомля) (табл. 2).

Таблица 2

Концентрации (мг/дм<sup>3</sup>) главных ионов и величина минерализации воды (М) (мг/дм<sup>3</sup>) исследованных озер в летнюю межень

Показатель	Озеро									ПДК <sub>рх</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140	18,3	61,0	61,0	24,4	48,8	85,4	214	42,7	–
Са <sup>2+</sup>	38,0	8,0	16,0	16,0	8,0	12	22	40,9	12,4	100
Мg <sup>2+</sup>	6,1	2,4	2,4	2,4	1,6	3,6	2,4	12,1	2,7	300
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	8,8	6,9	6,0	6,0	4,4	5,0	5,6	13,1	3,9	180
Cl <sup>-</sup>	7,6	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0	0,8	10,5	0,8	40
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	0,5	–	3,0	3,0	–	1,3	–	16,9	–	–
М	201	43	91	91	40	75	122	308	63	1000

Примечание: Озера: 1 – Бологое (г. Бологое); 2 – Великое (д. Петровское); 3 – Волго (д. Селище); 4 – Селигер (г. Осташков); 5 – Серемо, 6 – Сиг (д. Краклово); 7 – Стерж (д. Коковкино); 8 – Удомля (о-в Двиново); 9 – Шлино (д. Яблонька)

Наибольшие концентрации сульфатов и хлоридов зафиксированы в относительно небольших озерах Бологое и Удомля, испытывающих значительный антропогенный пресс. В жизнедеятельности водных организмов активно участвуют биогенные вещества, к которым относятся соединения азота (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), фосфора (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), кремния (HSiO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) и железа (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) [6]. Концентрации биогенных элементов и марганца, определенные в пробах воды, отобранные в исследуемых озерах, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрации (мг/дм<sup>3</sup>) биогенных элементов и марганца в воде исследованных озер в летнюю межень

Показатель	Озера									ПДК <sub>рх</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,003	0,009	0,011	0,005	0,009	0,004	0,010	0,018	0,010	0,05*
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,06	0,87	0,95	0,50	0,64	0,62	0,35	0,51	0,20	45
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,005	0,1	0,01	0,04	0,006	0,004	0,001	0,08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,15	0,52	0,64	0,17	0,33	0,13	0,32	0,16	0,34	0,5
Fe <sub>общ.</sub>	0,08	0,46	0,31	0,06	0,12	0,03	0,10	0,03	0,16	0,1
Mn <sup>2+</sup>	0,12	0,04	0,03	0,07	0,04	0,01	0,003	0,01	0,02	0,01

Примечание: Озера: 1 – Бологое (г. Бологое); 2 – Великое (д. Петровское); 3 – Волго (д. Селище); 4 – Селигер (г. Осташков); 5 – Серемо, 6 – Сиг (д. Краклово); 7 – Стерж (д. Коковкино); 8 – Удомля (о-в Двиново); 9 – Шлино (д. Яблонька)

\* - для олиготрофных водоемов

Химический анализ отобранных проб воды показал, что для всех водохранилищ характерны низкие концентрации минерального фосфора ( $P-PO_4^{3-}$ ), не превышающие ПДК<sub>рх</sub> для олиготрофных водоемов. Наибольшая концентрация нитрат-иона ( $NO_3^-$ ) была зафиксирована в воде оз. Бологое в черте г. Бологое и составила 1,06 мг/дм<sup>3</sup>. Наиболее высокие концентрации иона аммония ( $NH_4^+$ ) и железа общего ( $Fe_{общ}$ ), превышающие ПДК<sub>рх</sub>, отмечены в воде озер Великое и Волго, для которых большую роль в питании играют болотные воды.

В воде практически всех озер наблюдались концентрации марганца ( $Mn^{2+}$ ) на уровне или выше ПДК<sub>рх</sub>.

Содержание органического вещества в водохранилище оценивалось нами по косвенным показателям: цветности, перманганатной окисляемости (ПО) и БПК<sub>5</sub>, значения которых представлены в табл. 4.

Таблица 4

Значения (мг/дм<sup>3</sup>) показателей органического вещества в воде исследованных озер в летнюю межень

Показатель	Озера									ПДК <sub>рх</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Цветность, град. Pt-Co шкалы	36	150	100	30	60	15	45	35	45	-
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	12,2	24	20,4	9,8	36	9,9	13,1	10,2	12,1	-
БПК <sub>5</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	6,7	3,6	4,5	2,3	4,8	3,2	3,4	1,7	1,1	2,3

Примечание. Озера: 1 – Бологое (г. Бологое); 2 – Великое (д. Петровское); 3 – Волго (д. Селище); 4 – Селигер (г. Осташков); 5 – Серемо, 6 – Сиг (д. Краклово); 7 – Стерж (д. Коковкино); 8 – Удомля (о-в Двиново); 9 – Шлино (д. Яблонька)

Наиболее высокие значения цветности и перманганатной окисляемости зафиксированы в воде озер Великое (150 град.) и Волго (100 град.), а наименьшие – в озере Сиг (15 град.). Высокая антропогенная нагрузка на оз. Бологое определила самое высокое значение БПК<sub>5</sub> (6,8 мгО/дм<sup>3</sup>). В воде озер Удомля и Шлино значения БПК<sub>5</sub> не превышали нормативных значений.

### Выводы

Сравнительный анализ разнотипных озер Тверской области показал, что они существенно различаются между собой по величине минерализации воды, цветности, перманганатной окисляемости, БПК<sub>5</sub>, концентрациям нитрат-иона, иона аммония, железа общего, марганца, величине БПК<sub>5</sub>. Эти различия обусловлены как природными, так и антропогенными факторами.

Наибольшие концентрации сульфатов и хлоридов отмечены в озерах Бологое и Удомля, испытывающих значительный антропогенный пресс и имеющих наименьшие площади водного зеркала.

Самые высокие концентрации железа общего и иона аммония характерны для озер Великое и Волго, в воде которых отмечены также наибольшие значения цветности и перманганатной окисляемости, что обусловлено высокой долей болотных вод в водном питании этих озер.

Наибольшая концентрация марганца зафиксирована в воде озера Бологое.

Значения БПК<sub>5</sub>, превышающие ПДК для рыбохозяйственных водоемов (2,0 мгО/дм<sup>3</sup>), отмечены практически во всех водоемах, кроме озер Удомля и Шлино, что свидетельствует о наличии значительного количества легко окисляемой органики.

В воде всех исследованных озер зафиксированы низкие концентрации минерального фосфора.

В дальнейшем исследование гидрохимических режимов озер и качества их воды необходимо продолжить и в другие сезоны года, а не только в летнюю межень.

Для того, чтобы выявить тенденции изменения гидрохимических характеристик под влиянием увеличивающейся антропогенной нагрузки, климатических вариаций и изменений необходимы регулярные наблюдения за продолжительный период времени.

#### Список литературы

1. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б. Сравнительная гидрохимическая оценка современного состояния некоторых водных объектов Верхней Волги//Водные ресурсы, 2014. Т. 41. №3. С. 269–283.
2. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Чекмарева Е.А. Современное состояние качества воды различных типов озер Тверской области//Материалы II Международной конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» (19–24 мая 2019 г.). – Казань: Издательство Академии наук РТ, 2019. Ч. 2. С. 60–65.
3. Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Ланцова И.В., Липатникова О.А., Серяков С.А. Оценка современного состояния качества воды водоемов-охладителей Калининской АЭС//Промышленное и гражданское строительство, 2014. №2. С.66–69.
4. Григорьева И.Л., Кузовлев В.В. Зимний гидрохимический режим озер Стерж и Селигер (Тверская область)//Материалы Международной научно-практической конференции «Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества. Челябинск, 18–20 сентября 2019 г. Изд-во ООО «КрайРа», Челябинск, 2019. С. 137–143.
5. Данилов И.П. Содержание некоторых химических элементов в природных водах озер Тверской области // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология», 2014. №3. С. 90–97.

6. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 239 с.
7. Измайлова А.В. Волго озеро. Селигер озеро // Электронная научно-популярная энциклопедия, 2015. URL: <http://water-rf.ru>.
8. Кузовлев В.В., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Оценка загрязненности водных масс и донных отложений водоемов-охладителей Калининской АЭС тяжелыми металлами//Успехи современного естествознания, 2018. №7. С. 171–176.
9. Нормативы качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения//Приложение к приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552. 151 с.
10. Структура и функционирование геосистемы озера Селигер в современных условиях / Отв. ред. В.П.Беляков, С.И. Шапоренко. СПб.: Наука, 2004. 254 с.
11. Сулова С.Б., Шилькрот Г.С., Кудерина Т.М. Гидрогеохимическая характеристика вод Селигера и верхневолжских озкр (по многолетним данным)//Сборник материалов VI Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах». Белгород.12–16 октября 2015 г. Белгород: Политерра, 2015. С. 324–328.
12. Чекмарева Е.А. Гидролого-гидрохимическая характеристика системы Оршинско-Петровских озер Тверской области//Материалы 1-й Международной конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения». Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводский государственный университет / Ответственный редактор Н.Н. Филатов, 2017. С. 301–307.
13. Цыганов А.А. Гидрохимическое состояние озера Селигер//Вестник ТвГУ. Серия «География и геоэкология», 2016. №2. С 161–175.
14. Цыганов А.А., Кузнецова С.Н. Изученность озерных ресурсов Тверской области // Сборник трудов конференции «Источники по истории изучения природных ресурсов бассейна реки Волги». Москва, 10–11 января 2001. М.: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2001. С. 81–91.
15. Шапоренко С.И., Кузовлев В.В. Многолетние тенденции изменения качества воды озера Селигер в районе г. Осташкова//Всероссийская конференция по крупным внутренним водоемам (V Ладужский симпозиум). Сборник научных трудов конференции. СПб: Изд-во Лема 2016. С. 449–454.

*Об авторах:*

ГРИГОРЬЕВА Ирина Леонидовна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», филиал «Иваньковская научно-исследовательская станция» (171251, Тверская обл., г. Конаково, ул. Белавинская, д. 61А); e-mail: Irina\_Grigorieva@list.ru. ORCID: 0000-0003-2538-5931, SPIN-код: 1773-4053.

КОМИССАРОВ Алексей Борисович – гидрохимик лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды Тверского ЦГМС (170006, г. Тверь, ул. Ефимова, д. 6); e-mail: Sursimova.OY@tversu.ru, ORCID: 0000-0002-8364-1756, SPIN-код: 7131-0284.

КУЗОВЛЕВ Вячеслав Викторович – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» (170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д. 22), заведующий лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды Тверского ЦГМС (170006, г. Тверь, ул. Ефимова, д. 6); e-mail: V\_Kuzovlev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5155-8472, SPIN-код: 7413-9884.

ЧЕКМАРЕВА Екатерина Александровна – младший научный сотрудник. ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, филиал «Иваньковская научно-исследовательская станция» (171251, Тверская обл., г. Конаково, ул. Белавинская, д. 61-А.); e-mail: Irina\_Grigorieva@list.ru, ORCID: 0000-0001-8097-3889, SPIN-код: 8317-2354

## COMPARATIVE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF LAKES IN THE TVER REGION

I.L. Grigoryeva<sup>1</sup>, A.B. Komissarov<sup>2</sup>, V.V.Kuzovlev<sup>2,3</sup>, E.A.Chekmareva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Konakovo.

<sup>2</sup>Russian Federal Service for Hydrometeorology  
and Environmental Monitoring, Tver

<sup>3</sup>Tver State Technical University, Tver.

The comparative analysis of the current state of hydrochemical characteristics of various type lakes of the Tver Region is carried out: Bologoye, Velikoye, Volgo, Seliger, Seremo, Sig, Sterzh, Udomlya, Shlino. It is established that water quality in the lakes depends on predominant type of water food and value of anthropogenic pressure. The lake Bologoye, experiencing considerable anthropogenic pressure, is characterized with the higher concentration of sulfates, chlorides and nitrites. Water of the Lake Volgo has the higher chromaticity and the higher concentrations of iron and ammonium because of the high share of mire waters in the lake food. The waters of the majority of the explored lakes are low-mineralized, neutral and low alkaline, belong to the hydrocarbonate class, calcic group

**Keywords:** lakes, Tver region, main ions, water mineralization, biogenic elements, organic matter

Рукопись поступила в редакцию 24.02.2024

Рукопись принята к печати 26.02.2024

УДК 556:528.88:581.526.325 (470.331)

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-23-35>

## ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕСТОВЫХ УЧАСТКОВ АКВАТОРИИ УДОМЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л.С. Рудников

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Проведена интегральная балльная оценка трофического состояния различных участков акватории водоёма-охладителя Калининской АЭС. На основе данных дистанционного зондирования 2020–2022 гг. составлены карты-схемы трофического состояния участков акватории по концентрации хлорофилла «а», что позволило выявить географические особенности эвтрофикации в водоёме и оценить исследуемый процесс.

**Ключевые слова:** трофическое состояние, эвтрофикация, хлорофилл, водоём-охладитель, Удомельское водохранилище, Landsat, дистанционное зондирование, интегральная оценка.

**Введение.** В настоящее время вопросы экологического состояния антропогенно-преобразованных водоёмов, созданных в целях использования в тепловой и атомной энергетике продолжают оставаться актуальными. Антропогенные изменения экосистем оз. Песьво и оз. Удомля связаны с деятельностью Калининской АЭС, строительством градирен, дамб, отводящих каналов, в т.ч. струенаправляющей дамбы, создании промплощадки. Это способствовало существенной трансформации гидрологического, термического и гидрохимического режимов образованного Удомельского водохранилища.

Цель настоящей работы – попытка оценить особенности трофического состояния водоема-охладителя Калининской АЭС на примере тестовых участков акватории с использованием материалов дистанционного зондирования и данных лабораторного анализа.

Калининская АЭС расположена в Удомельском районе Тверской области в 380 км от Москвы и 450 км от Санкт-Петербурга. В результате создания плотины и затопления оз. Песьво и оз. Удомля было образовано водохранилище объемом 156 млн м<sup>3</sup>, которое используется с целью технического водоснабжения и в качестве поглотителя тепла [6].

Экологическое состояние водоёма-охладителя Калининской АЭС связано с его трофическим статусом, соотношением процессов продукции и деструкции органического вещества

Эвтрофирование представляет собой естественный процесс

© Рудников Л.С., 2024

эволюции водоёма, без вмешательства человека протекающий в масштабах геологического времени. В результате обогащения водоёма биогенными веществами происходит увеличение биомассы и первичной продукции фитопланктона, развивается высшая водная растительность, наблюдается «цветение» воды. Также происходят структурные перестройки сообществ: уменьшается видовое разнообразие и устанавливается монодоминирование растений и животных на разных трофических уровнях, упрощаются сообщества гидробионтов, наблюдаются другие изменения [1].

Под влиянием деятельности человека (регулируемого режима рек и озер, стока бытовых, промышленных и сельскохозяйственных вод и др.) в водоемах в десятки раз ускоряется накопление биогенных элементов. Водоёмы «стареют» на глазах [1] и за несколько десятков лет отдельные части акватории могут утрачивать свою экономическую, рекреационную и эстетическую ценность.

**Методика проведения работ.** Для изучения трофического состояния были выбраны следующие тестовые участки акватории Удомельского водохранилища (рис. 1):

1. Северная часть оз. Удомля.
2. Канал в верховья оз. Удомля.
3. Участок акватории оз. Удомля в месте слияния с оз. Песьво и отводящим каналом.
4. Участок водохранилища в 500 м выше гидроузла.
5. Участок р. Съежи в 500 м ниже гидроузла.
6. Отводящие каналы в оз. Песьво и оз. Удомля.
7. Южная часть оз. Удомля.
8. Южная часть оз. Песьво.

В пределах участков расположены пункты мониторинговых наблюдений Калининской атомной станции:

ПН 4 – оз. Песьво. Устье отводящего канала. ПН 5 – устье отводящего канала в районе д.Троицы. ПН 6 - устье отводящего канала от градирен №№1, 2. ПН 7 – оз. Песьво в 500 м от устья канала. ПН 9 – прорезь между оз. Песьво и оз. Удомля. ПН 10 – дамба в районе д.Лубенькино. ПН 12 – р. Съежа. в 500 м ниже гидроузла [6] (рис. 1).





Рис. 1. Расположение исследуемых участков и пунктов мониторинговых наблюдений

Среди биогенных элементов, влияющих на процесс эвтрофирования (азот, фосфор, кислород, углерод, сера, кальций, калий, хлор, железо, марганец, кремний и др.), наиболее значимый вклад в повышение трофности вносят азот и фосфор (при этом для водоёмов умеренной зоны решающую роль играет фосфор). Если отношение содержания минерального азота к содержанию минерального фосфора ( $N_{\text{мин}}:P_{\text{мин}}$ ) меньше 10, то первичная продукция фитопланктона лимитируется азотом, при  $N_{\text{мин}}:P_{\text{мин}} > 17$  – фосфором, при  $N_{\text{мин}}:P_{\text{мин}} = 10-17$  – азотом и фосфором одновременно [3].

В настоящее время разработан ряд критериев оценки трофического состояния водных объектов [3, 4, 5]. Нами выбраны информативные показатели: суммарное содержание минеральных форм азота, минеральный фосфор (по фосфат-иону), концентрация хлорофилла «а» (Chl a), водородный показатель. Градации трофности представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Признаки распознавания трофности водоёмов [3, 4, 5]

Показатель	Трофический тип		
	Олиготрофный	Мезотрофный	Эвтрофный
$N_{\text{НЕОРГ.}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,2-0,4	0,3-0,65	0,5-1,5
$P_{\text{НЕОРГ.}}$ , мгР/дм <sup>3</sup>	<0,03	0,03-0,25	>0,25
Chl a, мг/м <sup>3</sup>	<3	3-12	12-48
рН летом, ед.	6,9-7,2	7,2-8,0	8,0-9,5

Использованные в работе данные лабораторных анализов получены в отделе охраны окружающей среды Калининской АЭС за летний сезон 2020 г. и июнь-июль 2021 г.

Большая часть Удомельского водохранилища относится к мезотрофному типу (в соответствии с выполненными расчётами по данным дистанционного зондирования). Диапазон концентраций хлорофилла «а» для отнесения водоёма к этому типу достаточно широк, поэтому необходимо выделить градации трофности внутри имеющегося типа. Нами предложены следующие подтипы мезотрофного типа (в скобках указаны соответствующие концентрации хлорофилла «а»): слабо мезотрофный (3-5,9 мг/м<sup>3</sup>), умеренно мезотрофный (6-8,9 мг/м<sup>3</sup>), сильно мезотрофный (9-11,9 мг/м<sup>3</sup>).

В ходе работы нами использована методика балльной оценки трофности. В соответствии с ней были определены следующие критерии: 1. При установлении трофического статуса по каждому критерию в соответствии с таблицей 1 участку акватории присваивается балл: олиготрофный тип – 3 балла, мезотрофный – 6 баллов (+3 к олиготрофному, +1 за каждый подтип – как среднее арифметическое), эвтрофный – 9 баллов (+3 балла к мезотрофному типу) (табл. 2).

Таблица 2

## Соотношение типов трофности и баллов

Показатель	Трофический тип и соответствующий балл (значение показателя)		
	Олиготрофный	Мезотрофный	Эвтрофный
$N_{\text{НЕОРГ.}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	3 (0,2–0,4)	6 (0,3–0,65)	9 (0,5–1,5)
$P_{\text{НЕОРГ.}}$ , мгР/дм <sup>3</sup>	3 (<0,03)	6 (0,03–0,25)	9 (>0,25)
Chl a, мг/м <sup>3</sup>	3 (<3)	4 (3–5,9) 5 (6–8,9) 6 (9–11,9)	9 (12–48)
рН летом, ед.	3 (6,9–7,2)	6 (7,2–8,0)	9 (8,0–9,5)

Например, если суммарное содержание неорганических форм азота ( $N_{\text{НЕОРГ.}}$ ) на исследуемом участке  $0,4 \text{ мг/дм}^3$  – участку по данному критерию присваивается статус «мезотрофный»; если содержание хлорофилла «а» на участке  $7 \text{ мг/м}^3$ , то по хлорофиллу участок относится к мезотрофному типу, умеренно мезотрофному подтипу.

2. При переходном типе трофности от мезотрофного к эвтрофному (М-Э, М<sub>3</sub>-Э) (в случае с  $N_{\text{НЕОРГ.}}$ , например, при концентрации  $0,6 \text{ мг/дм}^3$  в соответствии с табл. 2) прибавляется 7,5 баллов, как среднее арифметическое между баллами рассматриваемых типов трофности.

3. Общая оценка получается путём суммирования частных оценок. В результате трофический статус участка определяется исходя из шкалы: 12-20 баллов – олиготрофный, 21-28 баллов – мезотрофный (21-24 – умеренно мезотрофный, 25-28 – сильно мезотрофный), 29-36 баллов – эвтрофный (29-32 – умеренно эвтрофный, 33-36 – сильно эвтрофный).

4. Для более точного оценивания выбранных участков (имеющих значительную площадь) принимается следующее допущение: оценка по хлорофиллу ведётся не по данным наблюдений в пунктах, а по преобладающей концентрации в пределах участка.

*Пример суммирования частных оценок на участке 3:*

Исходные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Данные мониторинговых наблюдений и дистанционного зондирования по участку 3

Тестовый участок	Пункт мониторинга	$N_{\text{неорг.}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$P_{\text{неорг.}}$ , мгР/дм <sup>3</sup>	Chl a, мг/м <sup>3</sup>	pH, ед.
3	Устье отводящего канала возле дер. Троица (ПН 5)	0,86	0,02	Преобладает 9-11,9	8,38
	Прорезь между оз. Песьво и оз. Удомля (ПН 9)	0,77	0,02		8,36
	Участок акватории возле дамбы у дер. Лубенькино (ПН 10)	0,73	0,1		8,31

В соответствии с табл. 2 даны частные оценки (по каждому показателю) и присвоены соответствующие баллы (табл. 4). Средний балл получен как среднее арифметическое по трём пунктам мониторинга в пределах участка. Суммарный балл по третьему участку – 28, что соответствует мезотрофному типу, сильно мезотрофному подтипу по интегральной шкале трофности.

Таблица 4

## Балльная оценка показателей по участку 3

Тестовый участок	Пункт мониторинга	N <sub>неорг.</sub>	P <sub>неорг.</sub>	Chl a	pH	Сумма баллов	Средний балл
3	Устье отводящего канала возле дер. Троица (ПН 5)	9	3	6	9	27	28
	Прорезь между оз. Песьво и оз. Удомля (ПН 9)	9	3		9	27	
	Участок акватории возле дамбы у дер. Лубенькино (ПН 10)	9	6		9	30	

Концентрация хлорофилла «а» получена по данным дистанционного зондирования за летний сезон 2020-2022 гг.

По мере увеличения концентрации хлорофилла в водном столбе происходит значительное уменьшение относительного количества энергии, отраженной в синей и красной областях спектра, но одновременно с этим растет доля отражения зеленого излучения. Эти спектральные свойства используются в дистанционном зондировании для мониторинга присутствия и оценки концентрации водорослей [2].

В 2015 г. на Ивановском водохранилище были проведены подспутниковые натурные измерения концентраций хлорофилла «а», которые показали существенную статистическую связь исследуемого параметра с многоканальными снимками сенсора OLI спутника Landsat. [2].

Расчет концентрации хлорофилла «а» выполнен по следующей формуле:

$$\text{Хлорофилл а} = -29,28 \times \frac{b_2 - b_4}{b_3} + 10,86 \quad (1),$$

где  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$  – 2-й, 3-й и 4-й каналы спутника Landsat 8 [2].

В процессе исследования использованы данные сенсора *OLI\_TIRS* спутника Landsat 8 за 2020-2022 гг. на даты: 15.06.2020 г., 22.06.2020 г., 03.09.2020 г.; 18.06.2021 г., 25.06.2021 г., 11.07.2021 г.; 20.05.2022 г., 28.06.2022 г., 24.08.2022 г. [7]. Для получения наиболее точного результата отобраны снимки с отсутствием облачности в пределах области интереса, а также проведена коррекция снимков на основе модели атмосферы MODTRAN.

**Результаты и обсуждение.** В соответствии с выбранными критериями трофности проведена интегральная балльная оценка трофического состояния в пунктах мониторинговых наблюдений. По её итогам установлен трофический статус исследуемых участков. Результаты оценки представлены в табл. 5.

Таблица 5

Трофическое состояние участков Удомельского водохранилища

Тестовый участок	Пункт мониторинга	N <sub>неорг.</sub>	P <sub>неорг.</sub>	Chl a	pH	Интегр. оценка
1	Северная часть оз. Удомля	–	–	M <sub>2</sub>	–	МЕЗ.
2	Канал в верховья оз. Удомля	–	–	M <sub>3</sub>	–	МЕЗ.
3	Устье отводящего канала возле дер. Троица (ПН 5)	Э	О	M <sub>3</sub>	Э	СМ
	Прорезь между оз. Песьво и оз. Удомля (ПН 9)	Э	О		Э	
	Участок акватории возле дамбы у дер. Лубенькино (ПН 10)	Э	М		Э	
4	Участок водохранилища в 500 м выше гидроузла	–	–	Э	–	ЭВТР.
5	Участок р. Съежа. 500 м ниже гидроузла (ПН 12)	М-Э	О	M <sub>3</sub>	Э	СМ
6	Отводящие каналы в оз. Песьво и оз. Удомля	–	–	Э	–	ЭВТР.
7	Оз. Удомля. Устье отводящего канала от градирен №№1, 2 (ПН. 6)	М-Э	О	M <sub>2</sub>	Э	УМ
	Участок акватории в районе блочно-насосной станции №2 (ПН 17)	М	О		Э	
8	Оз. Песьво. Устье отводящего канала (ПН 4)	Э	М	M <sub>3</sub>	Э	УЭ
	Оз. Песьво. 500 м от устья канала (ПН 7)	М	М		Э	

*Примечание.* Трофическое состояние: О – олиготрофное, М – мезотрофное, M<sub>2</sub> – умеренно мезотрофное, M<sub>3</sub> – сильно мезотрофное, Э – эвтрофное. Интегральная оценка: МЕЗ. – мезотрофное, УМ – умеренно мезотрофное, СМ – сильно мезотрофное, ЭВТР. – эвтрофное, УЭ – умеренно эвтрофное.

Исходя из полученных данных, большинство участков относятся к мезотрофному типу, из них выделено два участка с водной массой сильно мезотрофного подтипа (№3 и №5) и один участок с водной массой умеренно мезотрофного подтипа (№7). Эвтрофное состояние характерно для части водохранилища выше гидроузла, отводящих каналов в оз. Песьво и оз. Удомля, а также южной части оз. Песьво (на последнем участке водная масса отнесена к умеренно эвтрофному подтипу). Установлено, что в

большинстве пунктов мониторинговых наблюдений (6 из 8) первичная продукция фитопланктона лимитируется фосфором.

На основе данных дистанционного зондирования составлена серия карт-схем пространственного распределения хлорофилла «а» (рис. 2–5) и выполнена оценка трофического состояния частей акватории Удомельского водохранилища по выбранному показателю.

Трофическое состояние северной части оз. Удомля (тестовый участок №1) по концентрации хлорофилла «а» в целом является умеренно мезотрофным (рис. 2). В пределах участка наблюдается уменьшение концентрации хлорофилла от литоральной к пелагиальной, а затем профундальной частям. Эвтрофное состояние водной массы в пределах литорали обусловлено развитием обширного пояса макрофитов в пределах литорали: на участке протяжённостью 35 метров сменяют друг друга зоны высших водных растений в следующей последовательности: осока острая (*Carex acuta* L.) – манник большой (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.) – тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) – кубышка жёлтая (*Nuphar lutea* (L.) Sm.). Также в этой части акватории наблюдается сплавинообразование (по материалам полевых исследований летнего сезона 2023 г.). Влияет на процесс развития фитопланктона и высшей водной растительности и вынос эвтрофных вод р. Тихомандрицы, проходящей через д. Касково, где расположены сельскохозяйственные территории (устье реки также заболочено).

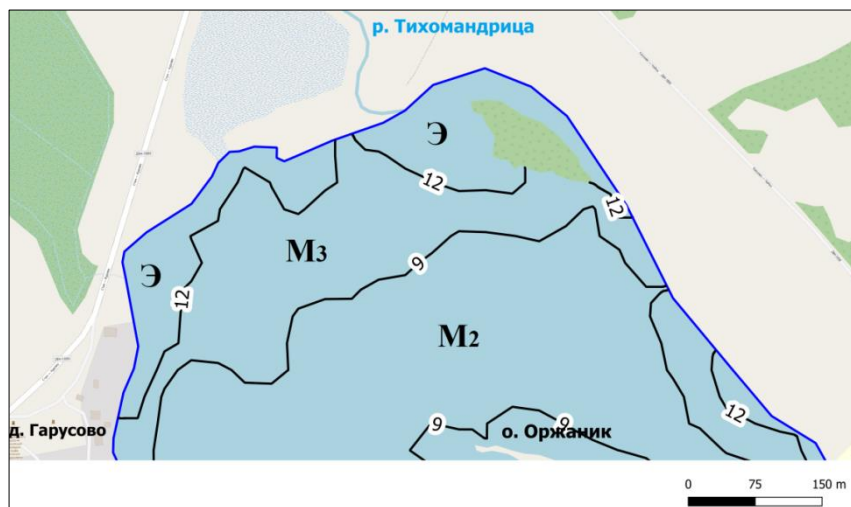


Рис. 2. Трофическое состояние водной массы северной части оз. Удомля<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Цифры на картах-схемах (рис. 2–5) – значения концентрации хлорофилла «а» (мг/м<sup>3</sup>), М<sub>2</sub> – умеренно мезотрофный подтип, М<sub>3</sub> – сильно мезотрофный подтип, Э – эвтрофный тип.

Участки №3 (Участок акватории оз. Удомля в месте слияния с оз. Песьво и отводящим каналом) и №4 (Участок водохранилища в 500 м выше гидроузла) представлены на рис. 3.

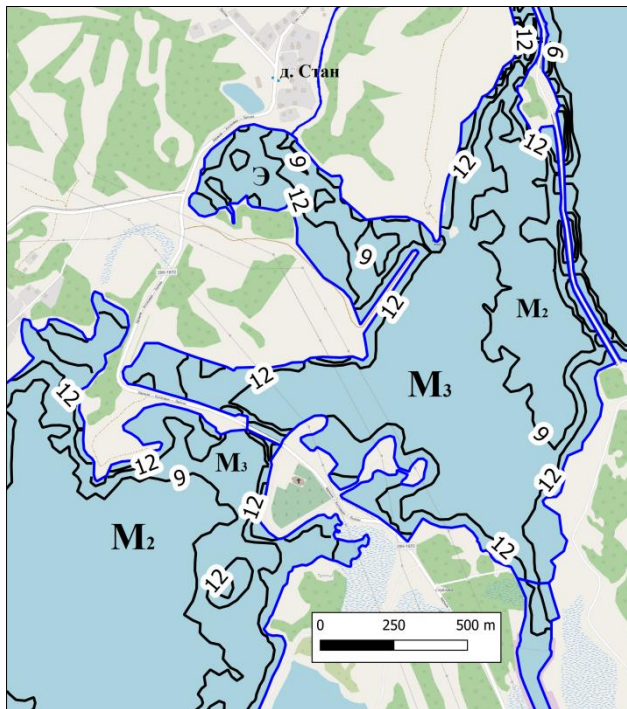


Рис. 3. Трофическое состояние участков «Участок слияния вод оз. Песьво и оз. Удомля» (№3) и «Участок водохранилища в 500 м выше гидроузла» (№4)

Особенность расположения участка №3 – встреча водных потоков из оз. Песьво и отводящего канала в оз. Удомля. На относительно небольшой площади водные потоки сливаются, а затем часть водной массы устремляется в верховья оз. Удомля по сооружённому при помощи серии дамб каналу, а часть – в акваторию доохлаждения р. Съежи.

Сбросные воды от КАЭС (здесь и далее рассматривается двойная роль сбросных вод – как источника химических веществ и как источника тепла, так как сбрасываются подогретые отработанные воды), относительно небольшая площадь участка, хорошая прогреваемость способствуют развитию здесь фитопланктона, определяющего высокие значения хлорофилла «а» в воде. Значительная часть акватории имеет концентрацию хлорофилла от 9 до 12 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует сильно мезотрофному состоянию; довольно обширную площадь в восточной части занимает умеренно мезотрофная водная масса. Прибрежная полоса обладает эвтрофным состоянием.

Участок №4 зарегулирован струенаправляющей дамбой, необходимой для контроля режима сброса вод в р. Съезу. В пределах исследуемой части акватории в северо-восточной части трофическое состояние умеренно- и сильно мезотрофное, в юго-западной части – эвтрофное. Относительно небольшая площадь, поступление тёплых сбросных вод, сток с сельскохозяйственных территорий д. Стан – факторы, повышающие уровень трофности. В 2022–2023 гг. в ходе полевых наблюдений выявлены обширные полосы макрофитов: осока острая с вкраплениями рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) – тростник обыкновенный – кубышка жёлтая, являющихся источником органического вещества и повышения трофности.

В пределах южной части оз. Удомля (участок №7) водная масса в основном умеренно мезотрофная (рис. 4). Особенностью акватории здесь является наличие устьев отводящих каналов от всех градирен, что определяет хорошую прогреваемость прилегающих к ним зон, трофическое состояние которых оценивается как сильно мезотрофное и эвтрофное.



Рис. 4. Трофическое состояние водной массы южной части оз. Удомля

Прибрежная полоса имеет в восточной части эвтрофное состояние, которое определяется, главным образом, тепловым воздействием промплощадки КАЭС, а также сбросом сточных вод.



Концентрация хлорофилла здесь стабильно выше  $12 \text{ мг/м}^3$ . В западной части в прибрежной и приостровной полосах наблюдается более низкое содержание хлорофилла и ширина эвтрофной зоны здесь в основном существенно меньше, чем в восточной части. Прямого антропогенного влияния этот участок акватории не испытывает.

Большая часть водной оз. Песью в пределах участка №8 относится к мезотрофному типу, сильно мезотрофному подтипу (рис. 5). Водная масса прибрежной и приостровной полос относится к эвтрофному типу. Две главные причины определяют повышение трофности на данном участке – сброс подогретых вод по каналу в оз. Песью и сброс хозяйственно-бытовых вод от г. Удомля. Повышение трофического статуса прибрежной зоны обусловлено также стоком с сельскохозяйственных территорий.

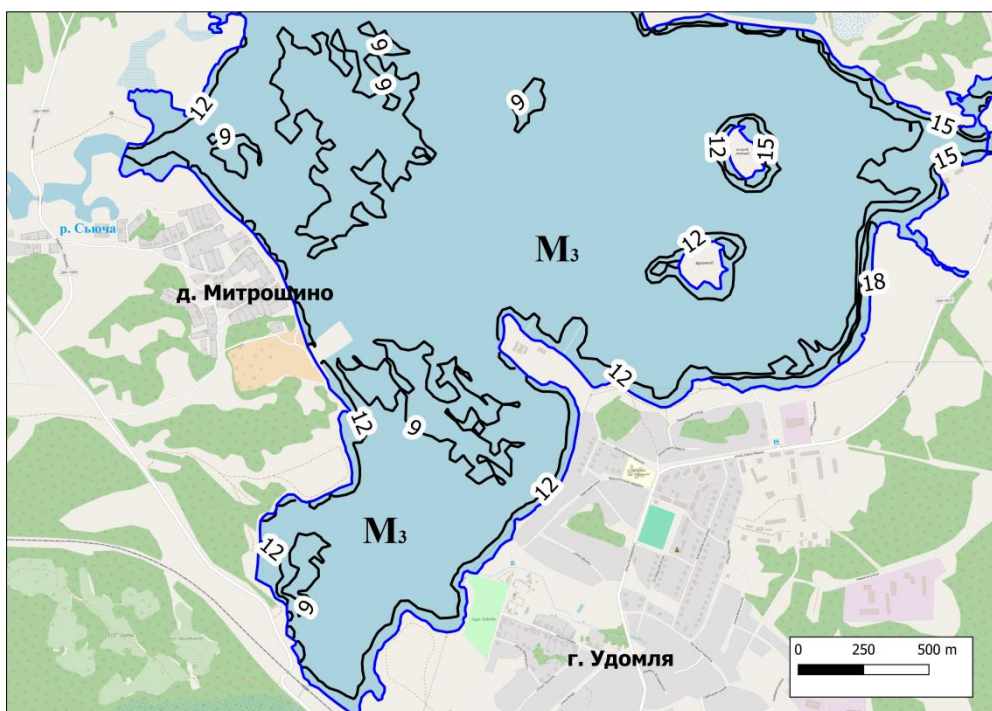


Рис. 5. Трофическое состояние водной массы южной части оз. Песью

**Заключение.** В результате проведенного исследования определено трофическое состояние отдельных участков Удомельского водохранилища. Предпринята попытка использовать интегральную оценку трофности по данным лабораторных анализов, космических снимков и полевых наблюдений за 2020–2023 гг. Для этого разработана балльная шкала трофических уровней по каждому показателю и общая балльная шкала.

Полученные в ходе исследования результаты позволили сделать

следующие выводы:

1. Водная масса большинства изученных участков акватории отнесена к мезотрофному типу (участки №№1, 2, 3, 5, 7). Из них к умеренно мезотрофному подтипу отнесён участок №7, а участки №3 и №5 – к сильно мезотрофному подтипу. Эвтрофный статус присвоен участкам №№4, 6, 8 (водная масса участка №8 – умеренно эвтрофная).

2. Наблюдается ослабление трофности при движении от литоральной к пелагиальной, а затем профундальной частям водохранилища.

3. Трофическое состояние на большинстве изученных участков лимитируется фосфором.

4. Трофическое состояние в пределах каждого участка обусловлено влиянием нескольких факторов: на участке №1 – развитием пояса макрофитов и сплавин, привнесением вод р. Тихомандрицы; на участке №3 – сбросом вод КАЭС, относительно небольшой площадью и хорошей прогреваемостью; на участке №4 – так же, как на участке №3, а также стоком с сельскохозяйственных территорий и развитием пояса макрофитов. На участке №7 трофность определяется сбросом сточных вод атомной станции, тепловым влиянием промплощадки КАЭС, на участке №8 решающую роль в повышении трофности играют сточные воды КАЭС, хозяйственно-бытовые стоки г. Удомля, а также сельскохозяйственный сток.

#### Список литературы

1. Алексеевнина М.С. Санитарная гидробиология с основами водной токсикологии: учеб. пособие / М.С. Алексеевнина, И.В. Поздеев. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2016. 205 с.
2. Бочаров А.В. Оценка современного состояния внутреннего водоема на основе методов дистанционного зондирования на примере Иваньковского водохранилища: автореферат дис. ... кандидата географических наук. Тверь, 2021. 21 с.
3. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб, 2004. 294 с.
4. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
5. Неверова-Дзиопак Е., Цветкова Л.И. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография. СПб: СПбГАСУ, 2020. 176 с.
6. Отчет по экологической безопасности Калининской АЭС за 2022 год. СПб. 48 с.
7. EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

*Об авторе:*

РУДНИКОВ Леонид Сергеевич – магистр 2-го курса направления 05.04.06 «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», (170021, г. Тверь-21, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: Rudnikov.LS@tversu.ru, ORCID: 0009-0006-0112-2642, SPIN-код: 8847-4030.

## **ASSESSMENT OF THE TROPHIC STATE OF THE TEST SITES OF AREAS OF THE UDOMEL RESERVOIR**

**L.S. Rudnikov**

Tver State University, Tver

An integral point assessment of the trophic state of various sections of the water area of the cooling reservoir of the Kalinin NPP was carried out. Based on remote sensing data for 2020-2022, maps and diagrams of the trophic state of the water area areas according to the concentration of chlorophyll "a" were compiled, which made it possible to identify the geographical features of eutrophication in the reservoir and evaluate the process under study.

**Keywords:** *trophic state, eutrophication, chlorophyll, water reservoir-cooler, Udomel reservoir, Landsat, remote sensing, integral assessment.*

Рукопись поступила в редакцию 24.02.2024

Рукопись принята к печати 26.02.2024

УДК 556

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-36-54>

## АНАЛИЗ ИЗУЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОПЛАСТИКОМ В РАБОТАХ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

О.Ю. Сурсимова, Л.В. Муравьева, А.Р. Сергеев

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Проблема загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами привлекает внимание ученых всего мира. Особое внимание уделяется частицам микропластика, которые проникают практически во все среды и накапливаются в них. В работе представлены результаты обобщения и анализа публикаций российских ученых, содержащихся на крупнейшем российском информационно-аналитическом портале eLIBRARY.RU. Рассмотрены основные результаты определения микропластика в воде, донных отложениях и береговых грунтах российских морей, озер и рек, а также в снеге, почвах, сточных водах, живых организмах и питьевой воде. Наиболее изучено пластиковое загрязнение поверхностных вод и донных отложений. Оно сильно варьирует в разных водных объектах и регионах, однако объективная оценка затруднена из-за отсутствия систематической сети мониторинга.

**Ключевые слова:** микропластик, пластиковое загрязнение окружающей среды.

### Введение

Актуальной экологической проблемой современности является загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами. Пластик является одним из наиболее востребованных материалов, который используется во всех отраслях хозяйства. Физико-химические свойства пластика делают его, практически, незаменимым в производстве изделий различного назначения. Общемировой выпуск пластика неуклонно растет. В 1950-х гг. производилось 1,5–2,0 млн т, в 2022 г. объем производства увеличился в 200 раз, составив 400,3 млн т пластика (<https://www.statista.com>). Ведущие производители полимеров – Китай, страны Северной Америки и Европы (<https://plasticseurope.org>). На долю России приходится около 2,7% мирового выпуска, производство составило в 2023 г. 10,7 млн т (<https://rosstat.gov.ru>). Большая часть (около 44%) производимой продукции – упаковочные материалы (<https://iims.hse.ru>). Низкая восприимчивость и устойчивость пластмасс к

© Сурсимова О.Ю.,  
Муравьева Л.В.,  
Сергеев А.Р., 2024

воздействию экзогенных факторов является одним из важнейших достоинств данного материала, однако одновременно с этим возникает необходимость в создании технологически проработанной системы по обращению с пластиковыми отходами и их дальнейшей переработке. Часть пластиковых отходов перерабатывается, большая часть направляется на свалки, попадает в окружающую среду, где в результате механических воздействий, процессов фотоллиза и гидролиза распадается на микрочастицы (Barnes et al., 2009) [74].

Первые исследования по распространению пластиковых отходов в окружающей среде относятся к 1970-м гг. Они были посвящены загрязнению океанических вод (Carpenter E. J, 1972; Wong C. S, 1974) [75,81]. В последующие десятилетия проблема распространения пластиковых отходов не привлекала большого внимания научного сообщества.

В 2004 г. английский биолог Р.С. Томпсон (Thompson, 2004) [80] ввел понятие «микропластик», закрепившееся в дальнейшем в научной терминологии. Большинство ученых к микропластику (МП) относят частицы размером менее 5 мм (Cole et. al., 2011; Hidalgo-Ruz et. al., 2012) [76]. Такой размер частиц был утвержден Национальным управлением океанических и атмосферных исследований (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) (Arthur, C et al., 2009) [73]. Наиболее мелкие частицы относят к нанопластику. Микрочастицы имеют широкий спектр морфологических признаков и низкую плотность, в результате легко переносятся на большие расстояния с воздушными и водными потоками, а также способны перемещаться и накапливаться в трофических цепях (Каурова, 2021) [27].

К 2004 г. количество публикаций достигло нескольких десятков. Дальнейший быстрый рост их числа свидетельствует об увеличении научного интереса к данной проблеме. В течение последующий двух десятилетий с 2004 по 2024 гг. были проведены многочисленные исследования, охватывающие различные природные объекты, расширена их география. Были разработаны методики извлечения микропластика и его анализа. В России изучение распространения микропластика началось с 2015 г. (Панкова, 2015; Казмирук, 2015) [47, 24], и в дальнейшем количество публикаций по этой тематике неуклонно росло.

Целью работы является систематизация информации о направлениях и результатах исследования распространения микропластика в окружающей среде в России.

#### **Результаты исследования распространения микропластика**

Нами была проанализирована публикационная активность по проблеме загрязнения микропластиком окружающей среды. С этой целью мы использовали одну из крупнейших электронных библиотек русскоязычного сегмента интернета – eLIBRARY.RU, а также «Google

Академия» для изучения зарубежных публикаций. Запрос велся по названиям статей и ключевым словам.

Изучение доступной литературы позволило систематизировать публикации по направлениям и объектам исследования. Нами были выделены следующие направления: количественная и качественная характеристика содержания микропластика в различных средах, пути переноса и накопления микропластика, влияние микропластика на живые организмы и человека, разработка методик выделения и анализа микропластика. Основными объектами исследования стали моря и их заливы, водотоки и водоемы на суше (реки, озера, водохранилища), сточные воды, почвы, живые организмы (исследуется накопление микропластика в органах и тканях), питьевая вода.

Анализ публикаций по распространению микропластика в водных объектах показал, что основное внимание уделяется изучению содержания микрочастиц в воде, в донных и прибрежных отложениях, а также исследованию путей переноса и деградации частиц микропластика. Основными объектами изучения российских исследователей являются моря Северного Ледовитого океана, Тихого – Берингово и Японское моря, Атлантического – Балтийское, Чёрное и Азовское моря. В работах рассмотрены количественное накопление, пути переноса частиц, вертикальное и горизонтальное распределение микропластика, механизмы его деградации. Наиболее изучены моря и заливы Европейской части России.

В работе И.Ю. Бочериковой и др. (2022) [3] представлены результаты анализа количества частиц микропластика в кернах льда, образцах снега и подлёдной воды Куршского залива (Балтийское море), наиболее высокое загрязнение характерно для льда (90,5 шт./л талой воды), особенно его поверхностного слоя (до 281 шт./л); 66,4 шт./л для снега, и 9,1 шт./л для подлёдных вод. При этом среди частиц преобладали волокна (95%). В толще воды Балтийского моря содержание микропластика оказалось на два порядка меньше (0,03 шт./л), чем в заливе, что подтверждает общую тенденцию аккумуляции частиц микропластика в заливах и эстуариях рек, имеющих ограниченный водообмен с морем. Исследование Е.Е. Есюковой и И.П. Чубаренко (2019) [10] показало, что наибольшее количество частиц, отобранных из всех сред (пляж, дно, водная толща) для всех форм МП (фрагментов, пленок и хлопьев, волокон) наблюдается в размерном диапазоне 0,5–1 мм, что близко к значениям содержания в поверхностных водах в различных районах Мирового океана. По результатам рейса научно-исследовательского судна «Академик Николай Страхов» в юго-восточной части Балтийского моря установлено значительное содержание микропластика в поверхностном слое донных осадков, более 90 % частиц при этом составляют волокна (Кривошлык, 2023) [30].

Лобчук О.И. др. (2018) [33] отмечают содержание пластиковых частиц размером 1,5–3 мм в пляжевых отложениях Куршской косы. Вертикальное распределение микропластика в водной толще Балтийского моря рассмотрено в работе Л.И. Хатмуллиной [2020] [67]. А.В. Багаев и др. (2017) [2] моделируют перенос микропластика в поверхностном слое воды, отмечают, что активная зимне-весенняя циркуляция способствует обновлению вод везде, кроме Финского залива, который напротив несколько активнее обновляется летом, предположительно из-за ослабления влияния «запирающих течений».

Ряд публикаций посвящен изучению распространения микропластика в Азовском и Черном морях. Исследования А.Е. Глушко и др. (2021) [6] показывают содержание частиц в пляжевых отложениях в количестве от 12 до 112 шт. на м<sup>2</sup> пляжа. Среди них преобладают полупрозрачные волокна и пленки. Самыми частыми по встречаемости являются частицы размером 0,2 мм. Анализируются также источники поступления микропластика. Так, в атмосферных выпадениях выявлено в среднем 388 шт./м<sup>2</sup>/сут., с максимумом в г. Таганроге (561 шт./м<sup>2</sup>/сут.), в устьевых областях рек – 8 шт./л, наибольшее количество в р. Дон – 14 шт./л. Микропластик, обнаруженный в ходе исследования, в основном состоял из полипропилена, акрила, полиамида (нейлона), термопластичных полимеров, полиэтилена, полиэстера и полистирола (Глушко, 2023) [5]. Результаты микропластикового загрязнения пляжевых отложений юго-западного побережья Крыма, а также донных отложений акваторий, примыкающих к зонам отдыха Севастопольского региона, содержатся в работах Е.Н. Сибирцевой и др. 2021–2022 гг. [64, 44]. Отмечено наибольшее распространение фрагментов (50–83%) и волокон (33%), среднее содержание в донных отложениях – 13,4 шт./кг сухого веса.

Есть публикации по накоплению микропластика в Японском море. В работе О.И. Лобчук и др. (2021) [32] приводятся данные о содержании микропластика в кернах льда Амурского залива.

Распределение микропластика на акватории арктических морей изучалось во время Трансарктической экспедиции ФГБНУ «ВНИРО» в 2019 г. Его количество в пробах не превышало 0,067 ед./м<sup>3</sup>. В структуре полимеров доминировал поливинил, также отмечены полипропилен, полистирен, полиэтилен (Педченко, 2020) [49]. В результате международной съемки содержания микропластика в Баренцевом море в 2021 г. отмечена невысокая степень загрязнения [36–37]. Результаты наблюдения в Карском море опубликованы в работе А.П. Педченко (2023) [48]. Содержанию микропластика в береговом грунте арктических и дальневосточных морей посвящена работа Я.Ю. Блиновской и др. (2020) [17]. Исследованиями установлено, что концентрация микропластика на побережье составляет около 1 частицы на 1 кг грунта,

что существенно ниже показателей в других регионах мира. Вместе с тем, отмечается, что вследствие труднодоступности районов отбор проб осуществляется дискретно, что не позволяет представить объективную картину.

Деградация пластика в прибойной зоне моря рассматривается в работах И.В. Ефимовой и др. (2018) [11, 39]. Отмечается, что полное разрушение образцов пенополистирола до микрочастиц (<5 мм) в прибойной зоне моря с грубым осадочным материалом происходит уже спустя 3–6 дней. Разрушение ПЭТ в донных осадках моря Лаптевых рассмотрено в публикации А.А. Карпенко и др. (2023) [25].

Исследования микропластикового загрязнения в водных объектах суши посвящены в основном его накоплению в озерах и реках. Наиболее изучены Ладожское и Онежское озера. Полученные данные свидетельствуют о многократном превышении содержания микропластика в донных отложениях по сравнению с его концентрацией в водной толще (2020) [20]. В донных отложениях Ладожского озера количество выявленных частиц составило от 1,3 до 5 ед./100 г пробы (Каурова, 2020) [26]. Поздняков Ш.Р. и др. (2018) [50] отмечают, что происходит активная сорбция различных органических веществ на поверхности плавающих в воде частиц микропластика. Связанное с этим увеличение плотности обеспечивает ускорение процессов осаждения частиц микропластика и накопление их в донных отложениях. Концентрация частиц микропластика в донных отложениях Ладожского озера превысила значения в воде в среднем в 100 раз. Это свидетельствует о важной роли донных отложений как активной зоны накопления и депонирования микропластика. Зафиксировано наиболее высокое содержание микропластика в воде и донных отложениях Ладожского озера вблизи городских поселений и промышленных территорий, а также в местах впадения некоторых рек (Иванова, 2022) [16]. Отмечается преобладание волокон (98%), максимальное количество приходится на частицы, размером 0,06–1 мм. Авторами не обнаружена статистически значимая корреляция между гранулометрическим составом донных отложений и концентрациями микропластиковых частиц. Спектральный анализ химического состава частиц показал, что наиболее часто встречающимся типом микропластика в Ладожском озере является полиэтилентерефталат, а также были обнаружены частицы полиакрилатов, полипропилена и полиэтилена. При исследовании вод и донных отложений Онежского озера (2023) [56] установлено активное аккумулятивное накопление микропластика в донных осадках, содержание в которых в 2 раза выше по сравнению с Балтийским морем. М.Б. Зобков и др. (2021) [45] отмечают преобладание волокон в донных осадках в зонах с низкой гидродинамической активностью с глубинами более 40 м в



открытой части Онежского озера. При этом доля волокон микропластика в осадках озер меньше, чем в море.

Имеется ряд статей по накоплению микропластика в оз. Байкал: Ильина, 2021[19]; Цветова, 2022 [69]; Загрязнение озера..., 2023[12], создана база данных о содержании микропластика в верхних и нижних слоях льда Байкала (2022) [63], отмечается большое количество частиц в нижней части льда с преобладанием волокон. Исследования А.В. Ястребовой и др. (2023) [72] показывают присутствие частиц микропластика в озерах Марий Эл; Малыгиной и др. (2022) [41] – в Телецком озере; А.Ю. Поповой (2022) [52] – в оз. Ханка.

Активно ведется изучение микропластикового загрязнения в реках Сибири. В работах Ю.А. Франк, Е.Д. Воробьева и др. (2021–2022) [13,65] установлено содержание частиц в воде от 2,58 ед./м<sup>3</sup> для удаленного притока Енисея, р. Нижняя Тунгуска, до 51,2 ед./м<sup>3</sup> для р. Обь. Микропластик обнаружен и в речных донных отложениях. Детекция микропластика в Оби и Енисее подтверждает возможность переноса частиц с речным стоком в Карское море. Концентрации микропластика в р. Тобол, Томь, Тура, Иртыш, Ишим, Вятка, Кама, Чусовая и Печора измеряются единицами и десятками частиц на кубический метр. преобладают частицы размером 0,30–1,00 мм, наиболее широко представлены вторичные формы (фрагменты и пленки). Определение содержания микропластика проводилось в р. Неве (Штейн, 2023) [71], отмечено превышение концентрации микропластика по сравнению Ладожским оз. и Финским заливом более, чем в 2 раза. Исследования А.А. Лисиной и др. (2022) [57] посвящено накоплению микропластика в р. Онега и р. Северная Двина. В малых реках Калининградской области (Кривопускова, 2022) [29] содержание микропластика составило от 20 до 120 ед./м<sup>3</sup>. Имеются отдельные сообщения о накоплении микропластика в р. Дон и Цимлянском водохранилище (Анциферова, 2023) [1], определена концентрация частиц в воде от 8 до 57 шт./л. В донных отложениях р. Меши (правый приток р. Камы) выявлено до 109 ед./кг частиц микропластика в местах массового любительского рыболовства, фоновый уровень – 8,6 ед./кг (Шевчук, 2023) [70]. Донные отложения водных объектов г. Казани содержат от 4 до 11 ед./кг микропластика [46]. Пластиковое загрязнение р. Волги от истока до устья было исследовано учеными географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Lisina, 2020) [78]. Наибольшая концентрация установлена в районах крупных городов Тверь, Нижний Новгород, Казань, Волгоград и составила от 1,9 до 4,1 шт./м<sup>3</sup>. По данным А.А. Ершовой (2023) [9] среднее содержание микропластика в реках бассейна р. Волги в районе г. Нижнего Новгорода составило 600 шт./м<sup>3</sup>. Обзорная схема распределения микропластика в природных водах и донных отложениях в морях, реках и озерах России представлена в работе ученых МГУ им. Ломоносова (Казак, 2022) [21].

Вопросы изучения закономерностей распространения частиц микропластика в водных объектах рассматриваются практически во всех работах, касающихся их количественной оценки. В ряде работ рассматривается влияние зарослей макрофитов на удержание и накопление микропластика. Морские макрофиты на подводном склоне Балтийского моря удерживают в 1,7 раза больше частиц, чем вне зарослей [58]. Работы В.Д. Казмирука (2021) [23] показывают, что в пресноводных объектах степень задержания пластиковых микрочастиц макрофитами зависит от материала их происхождения, жесткости, размера, концентрации, а также густоты, морфологических и экологических особенностей растений. Для различных видов макрофитов степень перехвата ими микрочастиц в размерном диапазоне 1–5 мм колеблется в пределах 22–100 %. Основные механизмы: появление дополнительных сопротивлений перемещению водных и воздушных масс, изменение кинематической структуры потоков воды и воздуха, гашение кинетической энергии ветровых волн и дождевых капель, механическое задержание микрочастиц ситоподобными структурами из переплетений стеблей и листьев, адгезия поверхностей растений и микрочастиц, усиливаемая липкими поверхностями перифитона, взаимодействие электрических полей.

Изучение загрязнения микропластиком приземного слоя воздуха, рассматривается в совокупности с исследованием снежного покрова. Исследования, проведенные в Якутске (Захарова, 2023) [14] показали накопление микропластика в снежном покрове в течение зимы. На северо-западе Кольского полуострова М.В. Митяевым и др. (2022) [51] установлено среднее количество полимерных частиц в литре талой снеговой воды: волокон – 783, фрагментов – 5890. Количество частиц за один снегопад составляет 796 шт./м<sup>2</sup>, из них более 85% – это полимерные фрагменты размером менее 100 мкм. В г. Мурманске в среднем выпадает на 30% больше полимерных частиц, чем в фоновых районах региона. Имеются работы по детекции микропластика в снежном покрове в бассейне верхнего течения р. Оби (Рахматуллина, 2022) [54].

Запрос в систему eLIBRARY показал единичные публикации по содержанию микропластика в почвах. К.В. Ручкина (2021, 2022) [59, 60] изучала накопление микропластика в серых лесных почвах. Выявлено содержание частиц в основном в форме волокон длиной от 0,3 до 4,7 мм белого прозрачного, черного и желтого цвета. Ряд работ посвящен оценке влияния микропластика на минерализацию органического вещества в серых лесных почвах (Сабитовский, 2023) [51], разработке методик детекции микропластика в агропочвах Западной Сибири (Мерзляков, 2022) [38], рассматриваются источники поступления микропластика в почвы (Морачевская, 2022) [42]. Особенно выделяются пластиковая мульча, осадки сточных вод, бытовые отходы, ирригационные воды,

удобрения. Загрязнению почв промышленных площадок при производстве пенополистирола посвящена работа Т.И. Кухарчик и др. (2022) [31].

Содержание микропластика в сточных водах исследуется в работе Г.А. Панковой и др. (2015) [47]. Это одно из первых исследований по определению микропластика в России, проведенное в рамках реализации проекта «Выполнение Плана действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю» (проект BASE) на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Установлено, что один литр исходной сточной воды содержал 467 волокон, 160 синтетических частиц и 3160 черных частиц. После механической очистки показатели составляли соответственно – 33 волокна, 21 синтетическая частица и 302 черных частицы; после полного цикла очистки в одном литре воды было обнаружено 16 волокон, 7 синтетических частиц и 125 черных частиц. Из полученных результатов следует, что частицы микропластика осаждаются или удерживаются илом в процессе очистки, но часть из них попадает в водную среду вместе с очищенными сточными водами. В сточных водах г. Архангельска (Резвый, 2022) [55] среди обнаруженных видов пластиков преобладали полиэтилен и полипропилен, что обусловлено их меньшей плотностью; показано, что с уменьшением размера частиц повышается доля и других пластиков, что вызвано легкостью их переноса через очистные фильтры. В ряде работ предлагаются методы удаления микропластика из сточных вод: Лукин, 2023-[35] и Саванина, 2022 [62].

Часть работ посвящена накоплению микро- и нанопластика в живых организмах. Основные объект исследования – рыбы, ракообразные, амфибии, личинки насекомых. Обнаружено накопление пластика в желудочно-кишечном тракте пресноводных рыб различных регионов (работы 2022–2023): [7]; Тропин, 2022 [66]; Колончин, 2023 [28]; [40]; Доценко, 2023 [8]; Рахматуллина, 2023 [54]. Количество обнаруженных в рыбах пластиковых частиц минимально в реках, удаленных от урбанизированных и промышленных районов. Так в р. Нижней Тунгуске 60% исследованных экземпляров ельца содержали частицы пластика, в среднем 1,55 ед./особь. В желудочно-кишечном тракте окуня, плотвы и леща, выловленных в Кубенском озере Вологодской области, частицы пластика выявлены в 43–60% экземпляров. В обитателях арктических морей наличие фрагментов и волокон найдено в некоторых особях. В р. Неве все выловленные экземпляры корюшки содержали пластик. Наиболее часто встречающимся типом пластика были волокна. Делаются попытки выявления влияния частиц пластика на состояние и функционирование организмов (2022–2023) [18, 43, 68].

Ряд работ посвящен идентификации микропластика и нанопластика в питьевой воде (2023) [4, 34], а также методам его

выявления. В основном работы связаны с медицинскими аспектами экологии человека.

Отдельно, можно выделить публикации, посвященные методикам отбора проб, выявления, идентификации и определения химического состава пластиковых частиц (Казимирук, 2015 [24]; Зобков, 2018 [15]). Необходимо отметить, что практически во всех статьях о накоплении и распределении микропластика содержатся подробные описания примененных методик.

### **Выводы**

1. Наибольшее количество публикаций по изучению загрязнения окружающей среды микропластиком приходится на исследование водных объектов. Как показывают результаты обзора количество выявленных пластиковых частиц в природных водах сильно варьирует. Наиболее загрязнены воды и грунты в районах размещения крупных городов и промышленных центров. Однако исследования носят в основном выборочный характер. Объективную картину пластикового загрязнения установить сложно из-за отсутствия единой систематической сети наблюдений.

2. Моря Северного Ледовитого океана менее загрязнены микропластиком по сравнению с Балтийским, Азовским и Черным морями, а также другими регионами мира.

3. При изучении водных объектов определялось количество микропластика в водной толще, донных отложениях, береговых грунтах, во льду. В составе микрочастиц преобладали волокна. Установлено, что в донных отложениях морей, озер и рек наблюдается многократное превышение количества микропластика по сравнению с поверхностным слоем воды, что связано с активной сорбцией различных органических веществ на поверхности плавающих в воде частиц микропластика, увеличением их плотности и ускоренным оседанием. Таким образом, донные отложения являются зоной активного накопления микропластика, и могут быть источником вторичного загрязнения.

4. Открытость заливов и течения играют большую роль в перемещении микропластика. Макрофиты способствуют его улавливанию и накоплению. Механическая деградация пластиковых частиц быстро происходит в прибойной зоне моря, особенно с грубым осадочным материалом.

5. При изучении содержания пластиковых частиц в живых организмах фиксировался в основном факт наличия микро и наночастиц в тканях и органах гидробионтов, а также оценивались возможности переноса пластика по цепям питания.

6. Публикации по накоплению микропластика в снеге, почве, а также в сточных водах и питьевой воде представлены небольшим количеством работ. Отмечается наличие выпадений частиц пластика из

атмосферы, их перенос и накопление в снеге и почве. Сточные воды, даже после очистки содержат большое количество частиц микропластика. Мельчайшие частицы пластика обнаружены в бутилированной воде. Делаются попытки изучения влияния пластиковых частиц на состояние и функционирование живых организмов.

### Список литературы

1. Анциферова М. А. Мониторинг загрязнения микропластиком вод Нижнего Дона и Цимлянского водохранилища / М. А. Анциферова // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2023. Т. 1, № 8. С. 70–73. DOI 10.23885/2500-395X-2023-1-8-70-73.
2. Багаев А. В. Моделирование поверхностного транспорта легкого микропластика в юго-восточной части Балтийского моря / А. В. Багаев, А.И. Мизюк // Комплексные исследования Мирового океана: материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых, г. Москва, 10–14 апреля 2017 года. Москва: Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, 2017. С. 34–35.
3. Бочерикова И. Ю. Содержание микропластика во льду, снеге и подлёдной воде Куршского залива зимой 2021 г / И. Ю. Бочерикова, И. П. Чубаренко // Океанологические исследования. 2022. Т. 50, № 3. С. 102–117. DOI 10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(3).6.
4. Влияние микро- и нанопластика на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и кишечный микробиом / Н. Н. Беседнова, М. Ю. Щелканов, Т. С. Запорожец [и др.] // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № 6(550). С. 6–17. DOI 10.33029/0042-8833-2023-92-6-6-17.
5. Глушко А. Е. Анализ источников поступления микропластика в Азовское море / А. Е. Глушко, Л. А. Беспалова, Е. В. Беспалова // Успехи современного естествознания. 2023. № 4. С. 38–42. DOI 10.17513/use.38022.
6. Глушко А. Е. Микропластик в пляжевых отложениях Азовского моря: морфологические и морфометрические особенности / А. Е. Глушко, Л. А. Беспалова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 1. С. 99–110. DOI 10.22449/2413-5577-2021-1-99-110.
7. Детекция микропластика в желудочно-кишечном тракте пресноводных рыб на примере обитателей речной системы оби / С. Н. Рахматуллина, Я. Р. Лемешко, Е. Д. Воробьев [и др.] // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком, Шира, Хакасия, 02–06 августа 2022 года. Шира, Хакасия: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 24–28.
8. Доценко Т. Ю. Определение количества микропластика, найденного в *Osmerus eperlanus*, выловленной в реке Нева / Т. Ю. Доценко, М. С. Салова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023. № 4. С. 148–150. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.148.
9. Ершова А. А. Микропластик в поверхностных и подземных водах крупного города в бассейне р. Волги (на примере Нижнего Новгорода) / А.А. Ершова,

- И. Н. Макеева, С. В. Ясинский // Вопросы географии. 2023. № 157. С. 402–420. DOI 10.24057/probl.geogr.157.21.
10. Есюкова Е. Е. Микропластик в водной толще, донных осадках и песках пляжей юго-восточной части Балтийского моря: концентрации, распределение частиц по размерам и формам / Е. Е. Есюкова, И.П. Чубаренко // Региональная экология. 2019. № 2(56). С. 16–29. DOI 10.30694/1026-5600-2019-2-16-29.
  11. Ефимова И. В. Фрагментация пластикового мусора в прибойной зоне моря: лабораторный эксперимент на примере пенополистирола / И.В. Ефимова, И. П. Чубаренко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 18, № 1. С. 10–13. DOI 10.18500/1819-7663-2018-18-1-10-13.
  12. Загрязнение озера Байкал микропластиком / Л. Б. Бухаева, С. А. Бирицкая, М. А. Масленикова [и др.] // Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры: Материалы VII Научно-практической международной конференции, Новосибирск, 08–09 ноября 2023 года. Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2023. С. 136–140.
  13. Загрязнение сибирских рек микропластиком: путь в арктические моря / Ю.А. Франк, Е. Д. Воробьев, О. А. Кайлер [и др.] // ARCTIC DAYS IN ST. Petersburg - 2021: INTERNATIONAL SCIENTIFIC cooperation IN the ARCTIC IN the ERA of CLIMATE CHANGE: International Scientific and Practical Conference: Abstracts, St. Petersburg, 25–26 ноября 2021 года. St. Petersburg: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2021. С. 160–165.
  14. Захарова С. Н. Химия и микропластики снежного покрова Г. Якутска / С.Н. Захарова, Л. Н. Адамов, Т. П. Трофимова // Природные опасности: связь науки и практики: материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию Михаила Ивановича Сумгина, Саранск, 18–19 мая 2023 года. Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2023. С. 148–157.
  15. Зобков М. Б. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов / М. Б. Зобков, Е. Е. Есюкова // Океанология. 2018. Т. 58, № 1. С. 149–157. DOI 10.7868/S0030157418010148.
  16. Иванова Е. В. Оценка содержания частиц микропластика в Ладожском озере / Е. В. Иванова, Д. А. Тихонова // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2022. № 6. С. 58–67. DOI 10.17076/lim1582.
  17. Идентификация микропластика в береговом грунте арктических и дальневосточных морей / Я. Ю. Блиновская, О. А. Куликова, Е.А. Мазлова, М. В. Гаврило // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2020. № 1(292). С. 35–38. DOI 10.33285/2411-7013-2020-1(292)-35-38.
  18. Изучение влияния частиц микропластика на эндемичных амфипод озера Байкал / С. А. Бирицкая, Л. Б. Бухаева, Е. М. Долинская [и др.] // Байкальский зоологический журнал. 2022. № 1(31). С. 134–135.
  19. Ильина О. В. Пластиковое загрязнение прибрежных поверхностных вод среднего и южного Байкала / О. В. Ильина, М. Ю. Колобов, В.В. Ильинский

- // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 1. С. 42–51. DOI 10.31857/S0321059621010181.
20. Исследование частиц микропластика в финском заливе и Ладожском озере / А. В. Гузева, П. С. Зеленковский, Е. В. Иванова, Д. А. Тихонова // Комплексные исследования Мирового океана: Материалы V Всероссийской научной конференции молодых ученых, Калининград, 18–22 мая 2020 года. Калининград: Атлантическое отделение федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», 2020. С. 414–415.
  21. Казак Е. С. Микро- и нанопластик в природных водах России и проблемы его определения / Е. С. Казак, Е. А. Филимонова, А. Е. Преображенская // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2022. № 6. С. 110–123.
  22. Казмирук В. Д. Барьерная роль макрофитов при загрязнении водных объектов микропластиком / В. Д. Казмирук // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 3. С. 133–149. DOI 10.37493/2308-4758.2021.3.9.
  23. Казмирук В. Д. Механизмы перехвата пластиковых микрочастиц буферными зонами из макрофитов / В. Д. Казмирук // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 4. С. 378–388. DOI 10.30730/gtrz.2021.5.4.378-388.
  24. Казмирук В. Д. Об определении микропластика в донных отложениях / В. Д. Казмирук, Т. Н. Казмирук // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: Материалы научной конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 08–10 сентября 2015 года / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт». Том Часть 2. Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт», 2015. С. 16–20.
  25. Карпенко А. А. Оценка деградации микропластика в донных осадках с помощью рамановской микроспектроскопии и атомно-силовой микроскопии / А. А. Карпенко, В. С. Одинцов // Биология моря. 2023. Т. 49, № 4. С. 236–244. DOI 10.31857/S0134347523040058.
  26. Каурова З. Г. Количественная оценка микропластика в донных отложениях в Южной части Ладожского озера / З. Г. Каурова, Д. Д. Карпов // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2020 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. С. 176–177.
  27. Каурова З. Содержание микропластиковых частиц в воде в верхнем и среднем течении реки Нева // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 76-1. С. 3–5.
  28. Колончин К. В. Исследования содержания микропластика в воде и промысловых рыбах: от научного поиска к масштабному мониторингу / К.В. Колончин, А. П. Педченко, В. А. Беляев // Труды ВНИРО. 2023. Т. 193. – С. 162–173. DOI 10.36038/2307-3497-2023-193-162-173.

29. Кривоускова Е. В. Первые результаты оценки концентраций микропластика в приустьевых участках некоторых малых рек Калининградской области / Е. В. Кривоускова, С. В. Шибяев // Балтийский морской форум: материалы X Международного Балтийского морского форума: в 7 т., Калининград, 26 сентября – 01 2022 года. Том 3. Калининград: Обособленное структурное подразделение «Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет», 2022. С. 208–214.
30. Кривошлык П. Н. Данные о содержании микропластика в донных отложениях юго-восточной части Балтийского моря по данным 39 рейса НИС «Академик Николай Страхов» / П. Н. Кривошлык, И. П. Чубаренко // LXXVI Герценовские чтения. География: развитие науки и образования: Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2023 года. Том II. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2023. С. 49–52.
31. Кухарчик Т. И. Загрязнение почв микропластиком при производстве пенополистирола / Т. И. Кухарчик, В. Д. Чернюк // Почвоведение. 2022. № 3. С. 370–380. DOI 10.31857/S0032180X2203008X.
32. Лобчук О. И. Микропластик в керне льда бухты Новик (Амурский залив, японское море) / О. И. Лобчук, А. Ю. Лазарюк, И. П. Чубаренко // Комплексные исследования Мирового океана: Материалы VI Всероссийской научной конференции молодых ученых, Москва, 18–24 апреля 2021 года. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, 2021. С. 470–471.
33. Лобчук О. И. Особенности распределения микропластика в различных зонах песчаных пляжей в районе Куршской косы (Балтийском море) / О. И. Лобчук, Е. Е. Есюкова, И. П. Чубаренко // Моря России: методы, средства и результаты исследований, Севастополь, 24–28 сентября 2018 года. Севастополь: Морской гидрофизический институт РАН, 2018. С. 157.
34. Лукин А. А. Идентификация микропластика в бутилированной питьевой воде / А. А. Лукин, М. А. Тихоненко // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2023. Т. 20, № 4. С. 70–76.
35. Лукин А. А. Современные методы очистки сточных вод от микропластика / А. А. Лукин // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 19, № 3. С. 54–59.
36. Международная съемка микропластика в Баренцевом море в 2021 году: первый опыт крупномасштабной количественной оценки / А. П. Педченко, М. Ю. Анциферов, М. А. Губанищев, М. Ю. Двинин // Морские исследования и образование (MARESEDU-2021): Труды X Международной научно-практической конференции, Москва, 25–29 октября 2021 года. Том III (III). Тверь: Общество с ограниченной ответственностью «ПолиПРЕСС», 2021. С. 336–340.
37. Международная съемка микропластика в Баренцевом море в 2021 году: первый опыт крупномасштабной количественной оценки / А. П. Педченко,



- М. Ю. Анциферов, М. А. Губанищев, М. Ю. Двинин // Морские исследования и образование (MARESEDU-2021): Труды X Международной научно-практической конференции, Москва, 25–29 октября 2021 года. Том III (III). Тверь: Общество с ограниченной ответственностью «ПолиПРЕСС», 2021. С. 336–340.
38. Мерзляков О. Э. Микропластик в почвах: разработка методик детекции на примере агропочв Западной Сибири / О. Э. Мерзляков, К. В. Ручкина // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком, Шира, Хакасия, 02–06 августа 2022 года. Шира, Хакасия: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 91–94.
39. Механическая деградация микропластика в прибойной зоне моря / И. В. Ефимова, И. П. Чубаренко, М. А. Багаева, Л. И. Хатмуллина // Процессы в геосредах. 2018. № 3(17). С. 91–93.
40. Микропластик в желудочно-кишечном тракте некоторых рыб Кубенского озера / Н. Ю. Тропин, С. Н. Рахматуллина, Е. Д. Воробьев [и др.] // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Сборник материалов VIII Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, посвященной 85-летию со дня рождения Бориса Александровича Флёрова, Борок, 17–20 октября 2023 года / Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. Борок: Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 2023. С. 60–63.
41. Микропластик в поверхностных водах Телецкого озера: первые результаты / Н. С. Малыгина, Р. Ю. Бирюков, К. Г. Грибанов [и др.] // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. В 3-х томах, Барнаул, 29 августа – 03 2022 года. Том 3. Барнаул: ООО «Пять плюс», 2022. С. 256–258.
42. Морачевская Е. В. Источники и пути транслокации микропластика в почве и растениях / Е. В. Морачевская, Л. П. Воронина // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 1. С. 41–50. DOI 10.26178/AE.2022.61.22.003.
43. Морфологическая характеристика внутренних органов мышей при длительном потреблении микропластика / Н. А. Золотова, Д.Ш. Джалилова, И. С. Цветков [и др.] // Клиническая и экспериментальная морфология. 2023. Т. 12, № 3. С. 82–92. DOI 10.31088/SEM2023.12.3.82-92.
44. Накопление микропластикового загрязнения в пляжевых отложениях юго-западного побережья Крыма / Е. Н. Сибирцова, М. И. Силаков, А.В. Темных, А. В. Завьялов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2022. № 2. С. 37–47.
45. Озера как аккумуляторы микропластика на пути с суши в Мировой океан: обзор исследований / М. Б. Зобков, И. П. Чубаренко, Е. Е. Есюкова [и др.] // Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153, № 4. С. 68–86. DOI 10.31857/S0869607121040054.
46. Оценка содержания частиц микропластика в донных отложениях водных объектов города Казани / О. В. Никитин, В. З. Латыпова, Т. Я. Ашихмина [и др.] // Технологии переработки отходов с получением новой продукции: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с

- международным участием, Киров, 30 ноября 2022 года. Киров: Вятский государственный университет, 2022. С. 243–247.
47. Панкова Г. А. Оценка качественного состава хозяйственно-бытового стока на примере Санкт-Петербурга / Г. А. Панкова, О. Н. Рублевская, Л.В. Леонов // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. № 12(96). С. 46–53.
  48. Педченко А. П. Предварительные результаты наблюдений микропластика в период ледообразования в Карском море / А. П. Педченко // Рыбное хозяйство. 2023. № 6. С. 23–27. DOI 10.37663/0131-6184-2023-6-23-27.
  49. Педченко А. П. Распределение микропластика на акватории Арктических морей / А. П. Педченко, Я. Ю. Блиновская // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 года. СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. С. 404–406.
  50. Поздняков Ш. Р. Оценка концентраций частиц микропластика в воде и донных отложениях Ладожского озера / Ш. Р. Поздняков, Е. В. Иванова // Региональная экология. 2018. № 4(54). С. 48–52. DOI 10.30694/1026-5600-2018-4-48-52.
  51. Полимерные частицы в твердых атмосферных осадках на Северо-Западе Кольского полуострова в 2020–2021 гг / М. В. Митяев, М. В. Герасимова, Е. И. Дружкова, Г. Г. Матишов // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 505, № 2. С. 207–212. DOI 10.31857/S2686739722080126.
  52. Попова А. Ю. Микропластик в поверхностных водах трансграничного озера Ханка / А. Ю. Попова, А. Н. Качур // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке, Владивосток, 18 ноября 2022 года. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2022. С. 44–52.
  53. Рахматуллина С. Н. Детекция микропластика в снежном покрове в бассейне верхнего течения Р. Обь / С. Н. Рахматуллина, А. А. Трифионов, Е. Д. Воробьев // Химия и химическая технология в XXI веке: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера. В 2-х томах, Томск, 16–19 мая 2022 года. Том 2. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. С. 181–182.
  54. Рахматуллина С. Н. Микропластик в желудочно-кишечном тракте сибирского ельца в реке Нижняя Тунгуска / С. Н. Рахматуллина // Молодёжная Наука: сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 27 июня 2023 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. С. 15–17.
  55. Резвый Т. В. Изменение морфологического состава частиц микропластика в зависимости от их размера в сточных водах Г. Архангельска / Т.В. Резвый, А. Ю. Кожевников, А. В. Белесов // Биомониторинг в Арктике: Сборник материалов III международной конференции, Архангельск, 11–12 октября

- 2022 года. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2022. С. 104–106.
56. Результаты междисциплинарных исследований загрязнения акватории Онежского озера частицами микропластика / М. Б. Зобков, Н. М. Калинин, В. В. Ковалевский [и др.] // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2023. № 6. С. 32–52. DOI 10.17076/lim1707.
57. Результаты экспедиционных исследований 2021 Г. По изучению стока микропластика в реках Северная Двина и Онега / А. А. Лисина, А.А. Сазонов, М. М. Платонов [и др.] // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики: Тезисы докладов международного симпозиума, Салехард, 02–03 декабря 2021 года / Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. Ишим: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» в г. Ишиме, 2022. С. 19–20.
58. Роль морских макрофитов в удержании микропластика в Балтийском море / Е. Е. Есюкова, О. И. Лобчук, А. А. Володина, И. П. Чубаренко // Моря России: Год науки и технологий в РФ – Десятилетие наук об океане ООН: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 20–24 октября 2021 года. Севастополь: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», 2021. С. 400–401.
59. Ручкина К. В. Микропластик в агрогенных серых лесных почвах Томского района / К. В. Ручкина // Старт в науку: Материалы LXX научной студенческой конференции Биологического института, Томск, 26–30 апреля 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2021. С. 41.
60. Ручкина К. В. Основные этапы детекции микропластика в почвах / К. В. Ручкина // Экология России сопредельных территорий: Материалы XXV Международной экологической студенческой конференции, Новосибирск, 25 ноября 2022 года – 27 2023 года. Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. С. 8.
61. Сабитовский А. Э. Оценка влияния микропластика на минерализацию органического вещества серых лесных почв / А. Э. Сабитовский, И.А. Сахабиев // Эволюция биосферы, биогеохимические циклы и биогеохимические технологии: связь фундаментальных и прикладных исследований: Материалы XIII Международной биогеохимической школы-конференции, посвященной 160-летию со дня рождения В.И. Вернадского, Пушкино, Московская обл., 25–29 сентября 2023 года. Пушкино: ООО «Товарищество научных изданий КМК», 2023. С. 153–155.
62. Саванина Я. В. Биогибридные материалы на основе цианобактерий для очистки сточных вод от ионов ТМ и микропластика / Я. В. Саванина // Перспективные технологии и материалы: Материалы Международной научно-практической конференции, Севастополь, 21–23 сентября 2022 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное

- учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2022. С. 128–131.
63. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621126 Российская Федерация. Обнаружение частиц микропластика с разной морфологической структурой в зимний период во льду озера Байкал (бухта Большие Коты, Южный Байкал): № 2022620989: заявл. 12.05.2022: опубл. 19.05.2022 / Д. Ю. Карнаухов, С. А. Бирицкая, В. А. Пушница [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет».
  64. Сибирцова Е. Н. Контроль микропластикового загрязнения донных отложений рекреационных зон Севастопольского региона / Е.Н. Сибирцова, А. В. Темных, М. И. Силаков // Системы контроля окружающей среды. 2021. № 4(46). С. 91–101. DOI 10.33075/2220-5861-2021-4-91-101.
  65. Скрининг содержания микропластика в поверхностных водах российских рек / Ю. А. Франк, Е. Д. Воробьев, С. Н. Рахматуллина [и др.] // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26, № 9. С. 67–71. DOI 10.18412/1816-0395-2022-9-67-71.
  66. Тропин Н. Ю. Пищевые стратегии пресноводных рыб и потребление ими микропластика / Н. Ю. Тропин // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком, Шира, Хакасия, 02–06 августа 2022 года. Шира, Хакасия: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 106–109.
  67. Хатмуллина Л. И. Свойства частиц морского микропластика и его вертикальное распределение в водной толще Балтийского моря: специальность 25.00.28. Океанология: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Хатмуллина Лилия Ильдусовна, 2020. 134 с.
  68. Хорина Д. А. Влияние микропластика различных видов на выживаемость дождевых червей / Д. А. Хорина // В мире научных открытий: Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 14–15 марта 2023 года / Редколлегия: Богданов И.И. [и др.]. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2023. С. 4538–4542.
  69. Цветова Е. А. Транспортная модель: микропластик в озере Байкал / Е.А. Цветова // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: XXVIII Международный симпозиум, Томск, 04–08 июля 2022 года. Томск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. С. 328–331. DOI 10.56820/OAOPA.2022.41.68.001.
  70. Шевчук К. А. Микропластик в донных отложениях реки Мёши / К.А. Шевчук, Н. Ю. Степанова // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24–25 апреля 2023 года. Том Книга 1. Киров: Вятский государственный университет, 2023. С. 182–185.

71. Штейн С. А. Содержание частиц микропластика в поверхностных водах дельты Невы / С. А. Штейн, Ю. А. Кублицкий // Научный аспект. 2023. Т. 3, № 5. С. 332–340.
72. Ястребова А. В. Исследование озер Республики Марий Эл на наличие в них частиц микропластика / А. В. Ястребова, О. В. Малюта // Флагман науки. 2023. № 3(3). С. 72–76.
73. Arthur C., Baker, J., Bamford, H. (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. NOAA marine debris program. Technical memorandum NOS-OR&R-30.
74. Barnes D.K.A. (2009). Francois Galgani, Richard C. Thompson, Morton Barlaz. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments // Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences. V. 364. P. 1985–1998.
75. Carpenter E. J., Smith K. L. (1972). Plastics on the Sargasso sea surface // Science. 1972. Vol. 175(4027). P. 1240–1241. DOI: 10.1126/science.175.4027.1240.
76. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review // Mar. Pollut. Bull. V. 62. P. 2588–2597.
77. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // Environ. Sci. Technol. V. 46. P. 3060–3075.
78. Lisina A.A., Platonov M.M., Lomakov O.I. et al. (2020). Microplastic abundance in Volga River: results of a pilot study in Summer 2020 // Geography, Environment, Sustainability. 2020. Vol. 14. P. 82–93
79. Microplastic abundance in Onega and Northern Dvina Rivers: results of summer 2021 field survey / A. A. Lisina, A. Sazonov, M. Platonov // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики: Тезисы докладов международного симпозиума, Салехард, 02–03 декабря 2021 года / Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. – Ишим: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» в г. Ишиме, 2022. С. 20–21.
80. Thompson R.C. et al. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? Science, 304 (5672) (2004), p. 838, 10.1126/science.1094559.
81. Wong C. S., David R. G., Cretney W. J. (1974) Quantitative tar and plastic waste distributions in the Pacific Ocean // Nature. 1974. Vol. 247. P. 30–32.

*Об авторах:*

СУРСИМОВА Ольга Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: voroni-olga@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0993-3144, SPIN-код: 4111-8066.

МУРАВЬЕВА Любовь Валерьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской

государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: lmuraviova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6434-2056, SPIN-код: 4091-7957.

СЕРГЕЕВ Антон Романович – студент 2-го курса магистратуры факультета географии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: arsergeev2000@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5963-4126, SPIN-код: 7848-7262.

## **ANALYSIS OF THE STUDY OF ENVIRONMENTAL POLLUTION BY MICROPLASTICS IN THE WORKS OF RUSSIAN RESEARCHERS**

**O.Yu. Sursimova, L.V. Muraveva, A.R. Sergeev**

Tver State University, Tver

The problem of environmental pollution with plastic waste attracts the attention of scientists around the world. Particular attention is paid to microplastic particles, which penetrate and accumulate in almost all environments. The paper presents the results of a generalization and analysis of publications by Russian scientists contained on the largest Russian information and analytical portal elibrare.ru. The main results of determining microplastics in water, bottom sediments and coastal soils of Russian seas, lakes and rivers, as well as in snow, soils, wastewater, living organisms and drinking water are considered. Plastic pollution of surface waters and bottom sediments has been the most studied. It varies greatly in different water bodies and regions, but an objective assessment is difficult due to the lack of a systematic monitoring network.

**Keywords:** *microplastics, plastic pollution.*

Рукопись поступила в редакцию 9.02.2024

Рукопись принята к печати 16.02.2024

УДК 574

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-55-68>

## ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА НАРУШЕННОМ БОЛОТЕ ВАСИЛЬЕВСКИЙ МОХ

Л.В. Муравьева, Е.О. Сафронова

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Растительный покров, формирующийся на болоте после торфодобычи, неустойчив и динамичен вследствие изменяющихся условий увлажнения, а также торфяных и лесных пожаров. Восстановление древесного яруса после выгорания происходит в течение 15-20 лет.

*Ключевые слова:* нарушенное болото, растительные сообщества, пожары, зарастание, заболачивание.

### Введение

Растительные сообщества болотных геосистем формируются в течении длительного времени в соответствии с меняющимися условиями водного и минерального питания, формируя при этом отложения определенных видов торфа. Растения болот не только приспособлены к особенностям болотной почвы (сильная обводненность, слабая аэрация, плохая прогреваемость, повышенная кислотность, часто низкое содержание минеральных веществ), но и сами способны влиять на условия своего произрастания. Поэтому болотная растительность отличается довольно высокой стабильностью и очень медленным естественным сукцессионным развитием.

Антропогенное воздействие на болотные геосистемы затрагивает в первую очередь растительный покров и имеет разную интенсивность – от вырубki древостоя под ЛЭП и изменения водного режима при осушении до добычи торфа с полным сведением растительного покрова. Растительность является мобильным компонентом природы и во многих случаях способна восстанавливаться. Так, при отсутствии регулирования со стороны человека под ЛЭП вновь вырастает сосновый лес, дренажные каналы затягиваются сплавиной и заполняются сфагновыми мхами. Наиболее сильным фактором воздействия является разработка торфяной залежи с уменьшением или полным удалением торфяного слоя, Она затрагивает литогенную основу болотных комплексов. В таких условиях болотная растительность полностью исчезает, а на субстрате из остаточного слоя торфа, в условиях изменившегося водного режима и минерального питания начинают формироваться новые растительные

© Муравьева Л.В.,  
Сафронова Е.О., 2024

сообщества, отличающиеся высокой динамичностью, быстрыми сукцессионными сменами. Нестабильность растительного покрова связана также с меняющимися условиями увлажнения, пожарами и другими факторами.

Цель данной работы – выявить основные тенденции развития растительного покрова на болоте, нарушенном торфодобычей.

#### **Материалы и методы**

Объектом исследования стало болото Васильевский Мох, находящееся в 10 км к северу от г. Твери. Оно расположено на наклонной (от 147 до 141 м абс.) водораздельной равнине, сложенной водно-ледниковыми и озерно-ледниковыми песками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками. Геологическая разведка на болоте проводилась рекогносцировочно в 1925–1926 гг., доразведка – в 1937-1938 гг, и дополнительная разведка – в 1947 и 1957 гг. Был составлен план болота с изогипсами рельефа ложа и поверхности, описана растительность, определены мощность и характеристики торфяной залежи. Болото до осушения имело выпуклую форму, средняя мощность торфяной залежи составляла около 2 м, максимальная – около 6 м, преобладала залежь верхового типа, по окраинам – переходного и низинного. Добыча торфа началась в 1927 г., вначале машинно-формовочным, с 1931 г. – гидроэлеваторным и фрезерным, с 1939 г. – методом гидроторфа, в 1960-1970 гг. – в основном фрезерным способом. Спустя несколько десятилетий на месте болота сформировались особые природно-антропогенные комплексы (рис. 1).

Для изучения динамики растительного покрова на месте торфоразработок нами были проведены маршрутные полевые исследования с комплексным описанием природно-антропогенных комплексов. В 2011 и 2022 гг. были обследованы комплексы на ключевом участке, расположенном в юго-восточной части болота, площадью 231 га.

По материалам изучения болота Васильевский Мох (Технический проект..., 1939) [13] установлено, что поверхность болота в пределах ключевого участка имела уклон к востоку в сторону дренирующего его Савкинского ручья. Преобладали шейхцериево-сфагновые, сфагново-пушицевые сообщества, по восточной окраине – сосново-пушицевые, местами – осоковые низинные. Мощность торфяной залежи составляла 1,0–1,5 м. Добыча торфа велась здесь фрезерным (последовательно-поверхностным) способом в 1960–1970-ые гг. К моменту окончания работ поверхность имела выровненный характер с уклоном к востоку, с отметками высот 144,4 –142,1 м абс. и была расчленена сетью картовых и валовых каналов.

Для изучения зарастания помимо полевых исследований были использованы топографические карты разных лет, аэрофотоснимок



1970 г., спутниковые снимки landsat 1-5 MSS, landsat,4-5 TM, Sentinel 2, обработанные с помощью online-сервиса для спутниковых изображений Sentinel HUB EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>), а также снимки высокого разрешения Google Earth разных лет. Динамика древесного яруса была рассмотрена с использованием геоинформационного ресурса Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org/map>) – онлайн-платформы, предоставляющей данные и инструменты для мониторинга лесов.

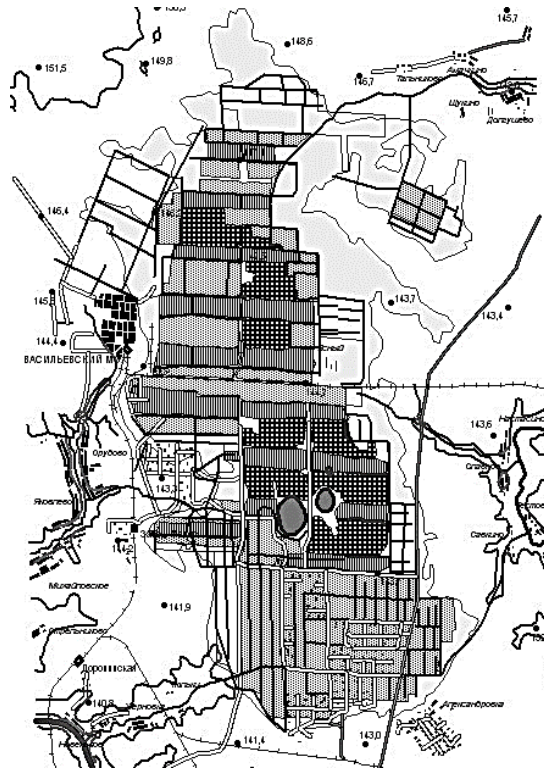
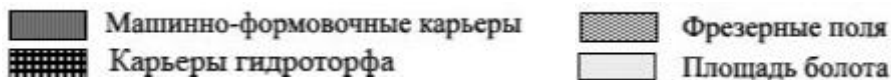


Рис. 1. Типы природно-антропогенных комплексов болота Васильевский Мох



Результаты, получаемые с помощью этого ресурса, основаны на наборе данных дистанционного зондирования Земли (с разрешением  $30 \times 30$  м) из лаборатории GLAD (Global Land Analysis & Discovery) и показывают изменения площади древесного покрова (за который принимается древесная растительность, высотой 5 м и выше) за двадцатилетний период с 2000-го по 2020 гг.

### Результаты и обсуждение

Формирование и развитие растительного покрова на заброшенных участках торфоразработок, имеет свои специфические особенности. Первичное зарастание выработанных фрезерных полей рассматривалось в работах ряда исследователей: Тюремнов, 1968 [14]; Абрамова, 1969 [1]; Малышева, 1981 [5]; Смагин, 1982 [12]; Панов, 2002 [9]; Веселов, 2005 [2]; Крупнов 2004 [4]; Резников, 2004б [11]; Зайцева, 2007[3] и др. Отмечается, что на болотах олиготрофного типа, после торфоразработки развиваются мезотрофные и евтрофные сообщества, что объясняется выходом к поверхности низинного торфа и питанием минерализованными грунтовыми водами. Широко распространены на верховых и на участках низинных болот, березовые (*Betula pubescens*, *Betula pendula*), осиновые (*Populus tremula*), ивовые (*Salix pentandra*, *Salix triandra*, *Salix caprea*, *Salix cinera*, *Salix aurita*), вейниковые (*Calamagrostis epigeios*, *Calamagrostis arundinacea*, *Calamagrostis canescens*, *Calamagrostis neglecta*), тростниковые (*Phragmites communis*), осоковые (*Carex rostrata*), белокрыльниковые (*Calla palustris*), рогозовые (*Typha latifolia*) сообщества, на верховых участках болот развиты пушицевые (*Eriophorum vaginatum*) и сфагновые (*Sph. angustifolium*, *Sph. fuscuv*, *Sph. Magellanicum* и др.) группировки. Распространение основных растительных сообществ в зависимости от условий увлажнения, трофности и мощности остаточного торфяного слоя, выявленное нами ранее в ходе исследований, показано в табл. 1.

Таблица 1

Основные растительные сообщества природно-антропогенных комплексов болот, нарушенных фрезерным способом добычи торфа [6]

Мощность торфа, м	Увлажнение (уровень грунтовых вод в меженный период)			
	Нормальное 1,5-1,0 м	Повышенное 1,0-0,5	Избыточное 0,5-0	Вода выше поверхности
Более 0,5	<b>Березовые и сосново-березовые политриховые кустарничково-политриховые, кустарничковые</b> <i>Березово-черноольхоовые травяные</i>	<b>Березовые пушицево-политриховые с кустарничками, пушицевые</b> Березовые с ивой тростниковые	<b>Пушицевые с подростом осины, березы, ивы</b> <b>Пушицево-сфагново-осоковые</b> <b>Пушицево-сфагновый</b> <b>Сосново-березовые разреженные пушицево-сфагновые</b>	<b>Сфагново-осоково-белокрыльниковые (сплавина)</b> <b>Тростниково-сфагновые</b>

0,5-0,2	Осиново-березовые политриховые и политрихово-вейниковые Елово-сосново-березовые с рябиной,- крушиной кустарничково-молиновые Злаково-разнотравно-вейниковые, с подростом березы (зарастающие сельскохозяйственные поля)	Осиново-березовые тростниково-вейниковые Сосновые тростниковые (посадки) Тростниковые <i>Крапивно-тростниковые</i>	<b>Пушицево-сфагновые и пушицево-осоково-сфагновые</b> Тростниковые <b>Тростниково-сфагновые</b>	Тростниковые, осоково-тростниковые
Менее 0,2	Березовые, березово-осиновые, березово-сосновые травяные с земляникой грушанкой папоротниками, кустарничковые, вейниково-политриховые, вейниковые	Березовые, березово-осиновые с ивой осоково-вейниково-политриховые, тростниково-политриховые Березово-сосновые политрихово-сфагновые с кустарничками	Тростниковые, с подростом ивы, тростниково-осоковые Пушицевые с подростом осины и ивы Осоково-пушицевый с рогозом, частухой, белокрыльником, камышом	Тростниковые Осиновые осоково-тростниковые

**Жирным шрифтом** показаны сообщества, встречающиеся только в пределах бывших верховых болот, *курсивом* – только в пределах бывших низинных болот.

Заращение торфяных карьеров рассматривалось ранее в ряде работ Тюремнов, 1968 [14]; Носков, 1968 [8]; Веселов, 2005 [2]; Зайцева, 2007 [3]; Резников, 2004 [10] и др]. На болоте Васильевский Мох наиболее распространен сплавинный тип зарастания. Доминирующими сплавинными группировками на верховых болотах являются: осоково-сфагновые, тростниково-сфагновые, пушицево-сфагновые. Большое значение имеют болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata*) и подбел (*Andromeda polifolia*), нередко поселяются клюква четырехлепестная (*Oxycoccus quadripetalus*), шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris*) и росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Несмотря на низкий уровень минерализации карьерных вод в пределах верховой залежи, в составе растительных сообществ, присутствует группа растений, более

требовательных к питанию, чем типичные растения верховых болот: кубышка желтая (*Nuphar luteum*), вахта трехлистная, сабельник болотный, тростник обыкновенный, рогоз широколистный и др., что придает карьерам мезотрофный или олигомезотрофный характер [6].

На перемычках между карьерами торфяная залежь сохранилась практически полностью. Вместе с ней сохранились семена и зачатки болотных растений, поэтому на перемычках наблюдается восстановление болотных сообществ. Идет зарастание березой и сосной низкого–среднего бонитета, высотой 5–10 (до 15) м, болотными олиготрофными кустарничками – подбелом, болотным миртом, багульниковым болотным (*Ledum palustre*), голубикой (*Vaccinium uliginosum*), а также вереском обыкновенным (*Calluna vulgaris*), брусникой, пушицей влагалищной (*Carex rostrata*). Моховой покров формируется из гипновых и сфагновых мхов.

Зарастание выработанных площадей начиналось по мере их выбывания из хозяйственного оборота. К 1975 г. добыча торфа на болоте полностью завершилась. На месте торфоразработок остались 1340 га карьеров с межкарьерными торфяными перемычками, 1900 га фрезерных полей, 1090 га осушенных торфяных полей. Для изучения развития растительного покрова мы использовали снимки landsat 1-5 MSS, Landsat 4-5 TM и Sentinel 2. Применялась комбинация каналов ближнего инфракрасного, красного и зеленого цветов (для снимков Landsat 4-5 – каналы 4, 3, 2; для Sentinel 2 – каналы 8, 4, 3). Такое сочетание спутниковых каналов позволяет различать на качественном уровне плотность растительного покрова (проективное покрытие), поскольку растения отражают ближний инфракрасный и зеленый свет и поглощают красный. Древесная растительность на таком композитном изображении выглядит бордово-красной, травянистая – ярко-розовой, открытый грунт – серым или зеленовато-серым, а вода кажется черной. На основе анализа снимков установлено, что к 1975 г. произошло частичное зарастание межкарьерных перемычек и формирование сплавинных участков на водной поверхности карьеров. Фрезерные поля имели разреженный фрагментарный травянистый и кустарниковый покров, развитый на отдельных картовых полях и вдоль каналов. В 1985 г. на фрезерных и осушенных полях начал формироваться древесный ярус, особенно быстро вдоль осушительных каналов и узкоколейных железных дорог. В 1990 г. увеличилась плотность растительного покрова на фрезерных и осушенных полях, а также на бровках карьеров. На поверхности карьеров продолжалось разрастание сплавин. Вместе с тем, появились безлесные участки – садово-огородные товарищества в южной и западной частях болота.

Большое влияние на динамику растительного покрова оказали пожары, которые повредили и уничтожили растительность на значительных площадях. Крупные торфяные и лесные пожары на болоте Васильевский Мох происходили в 1992, 1995, 1997, 1999, 2002 гг. [7]. Выгоревшие участки на снимках Landsat 4-5 – зеленовато-серого и зеленого цвета (рис. 2). На карьерных участках огонь повредил древесный ярус и напочвенный покров на торфяных перемышках. Наиболее сильно выгорела растительность фрезерных и осушенных полей – как древесно-кустарниковая, так и травянистая. Постпирогенные сукцессии привели через 15–20 лет к частичному восстановлению растительного покрова. В 2011 г. площади незаросших участков значительно сократились. На горях преобладали травянистые виды, а также подрост березы, ивы и осины. В течение следующего десятилетия наблюдался интенсивный прирост древесных растений (березы, сосны, осины), увеличение покрытия травянистого и мохового ярусов.



Рис. 2. Композитные изображения болота Васильевский Мох (Landsat 4-5; каналы 4, 3, 2): слева – в 1990 г. (до пожаров); справа – в 1998 г. (после пожаров 1992, 1995 и 1997 гг.)

Развитие древесного яруса в период 2000–2020 гг. мы изучили при помощи on-line платформы Global Forest Watch. Для этого изображение болота на электронной карте Global Forest Watch совместили со схемой типов природно-антропогенных комплексов (рис. 3).

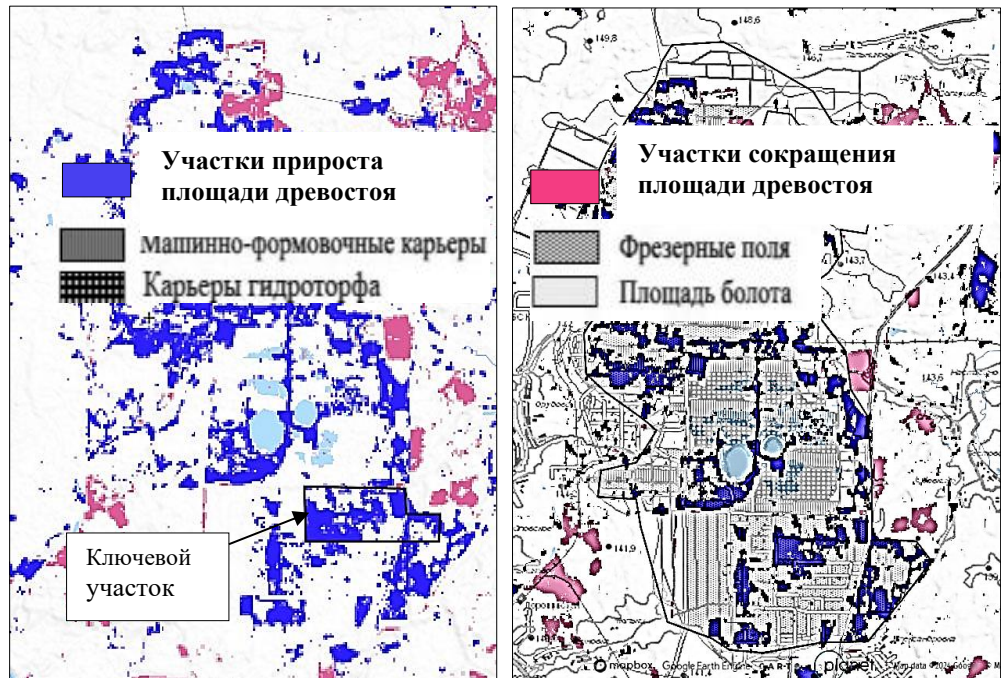


Рис. 3. Участки прироста и сокращения древесного покрова 2000 – 2020 гг: слева – изображение болота Васильевский Мох на карте Global Forest Watch, справа – оно же, наложенное на схему природно-антропогенных комплексов

На рис. 3 видно, что участки прироста площади древесных растений в основном находятся в пределах фрезерных и осушенных полей, которые в наибольшей степени пострадали от пожаров в 1992–2022 гг. К ним относятся бывшие фрезерные поля в юго-восточной и западной частях болота, примыкающие к садовым участкам, полосы вдоль грунтовых дорог (бывших узкоколеек), осушенные окраины болота, участки вокруг озер. За 20 лет прирост площади с древесным ярусом выше 5 м составил 1240 га, т.е. около 22% площади болота.

Сокращение площади древостоя в пределах болота за период 2021–2022 гг. связано с пожарами, имевшими в основном небольшое распространение (менее 1 га в год); наиболее значительные – были в 2002–2005 гг. (рис. 4) в северо-восточной части болота. Общее сокращение площади древостоя составило около 100 га, т.е. 3,2% площади болота.

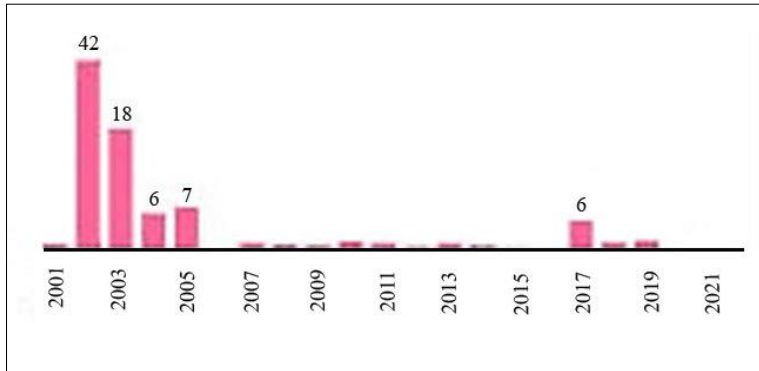


Рис. 4. Сокращение площади древостоя (га/год) с 2001 по 2022 гг.

Развитие растительного покрова в последние 10 лет мы изучали на ключевом участке в юго-восточной части болота (рис. 5). 7 точек были описаны в 2010–2011 гг. и повторно в 2022 г. Они показаны на зимнем снимке Sentinel-2. На композитном изображении Sentinel 2 (8,4,3 каналы) участки соснового леса выглядят бордовыми, мелколиственного (осиново-березового) – розовато-серыми, безлесные – белыми (снежный покров). Неравномерное зарастание обусловлено в первую очередь различиями территории в увлажнении и мощности оставшегося после добычи слоя торфа. По степени увлажнения можно выделить несколько гидротопов (табл. 2).

Таблица 2

Природно-антропогенные комплексы по степени увлажнения [6]

Гидротоп	Увлажнение	Уровень грунтовых вод, в меженный период, м	Растительные формации
влажный	нормальное	1,5–1,0	Лесная (кустарничковая)
сырой	повышенное	1,0–0,5	Травяно-лесная, мохово-лесная
затопленный	избыточное	0–0,5	Травяная, травяно-моховая, моховая
затопленный	водоем	Выше поверхности	Водная растительность



Рис. 5. Точки наблюдения на ключевом участке. Композитное изображение Sentinel-2 (каналы 8, 4, 3). 2023-01-02

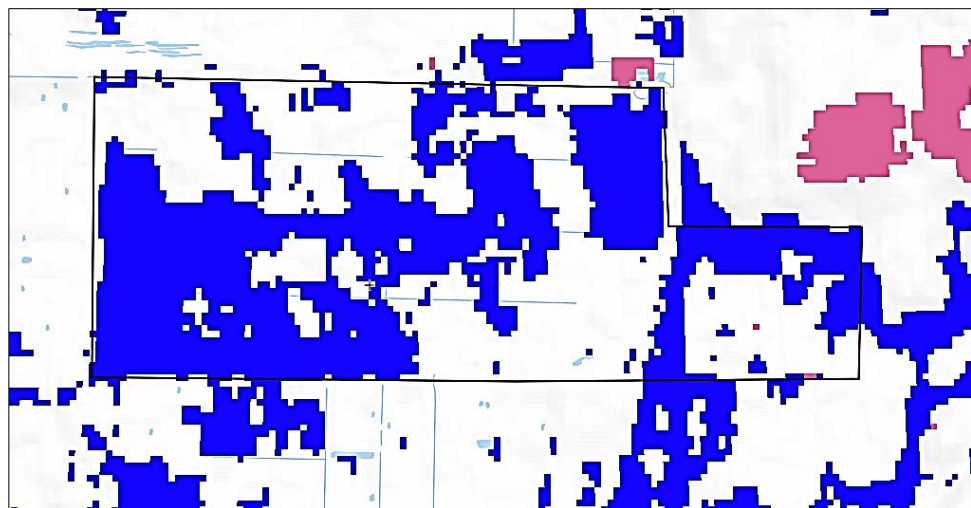


Рис. 6. Прирост площади лесных сообществ (синим цветом) на ключевом участке с 2000 по 2020 гг. по данным Global Forest Watch

Участки с нормальным увлажнением распространены на повышениях минерального ложа болота, а также вдоль крупных валовых каналов (точки 2, 4, 5). После пожаров 1995 и 1999 гг. к 2010–2011 гг., т.е. через 10–15 лет произошло частичное восстановление почвенного покрова, в котором преобладали кукушкин лен и вейник наземный, развился разреженный древесный ярус из березы и сосны. В



последующие 10 лет средний вертикальный прирост в сообществе составил 2–3 м, до высоты деревьев 7–10 м, сомкнутость крон повысилась с 2–4 баллов до 6–8 баллов, увеличилась доля сосны в составе древостоя на 10–20%. В напочвенном покрове уменьшилась доля кукушкиного льна с 80 до 60%, на точке 2 – с 60 до 3%, увеличилась доля кустарничков (черники, брусники, голубики, багульника, вереска). Почвы на этих точках содержат минимальное количество выветрелого торфа, мощностью до 20 см, на точке 2 торф полностью минерализовался.

Сырые местообитания (точка 3) расположены между картовыми каналами на выровненных участках минерального ложа. В 2010–2011 гг. здесь также, как и на всем участке, преобладали политриховые и вейниковые ассоциации. Напочвенный покров не был сомкнутым (проективное покрытие составляло около 60–80%). Вдоль каналов, а местами на картах, развился подрост березы, осины и нескольких видов ивы. Выгоревшие в торфе ямы были заполнены водой, местами появились тростниковые группировки. В 2022 г. на картовых полях сформировался сосново-осиново-березовый вейниково-политриховый фитоценоз. Высота древостоя составила 7–8 м, сомкнутость крон – около 5 баллов. В западинах развились мощные заросли тростника. В центральных частях карт появились куртины сфагнов.

В целом для влажных и сырых местообитаний характерно развитие древесного яруса – увеличение высоты и сомкнутости древостоя. Прирост площади, занятой лесными сообществами, на ключевом участке за 20 лет показан на рис. 6 по материалам Global Forest Watch. Данные этого GIS ресурса совпадают с результатами наших полевых наблюдений.

Заболоченные гидротопы (точки 1, 6) находятся в понижениях минерального ложа, имеют более мощный остаточный слой торфа (до 70–90 см). Развитие растительного покрова шло здесь по пути формирования болотных фитоценозов. В 2010–2011 гг. на участке точки 1 образовался кочковатый микрорельеф из куртин пушицы влагалищной, занимающей 65% поверхности. Между кочками стояла вода, а на небольших повышениях поселился кукушкин лен. По всей площади наблюдался подрост березы, осины, ив, высотой 0,5–1,5 м. К 2022 г. широко распространился сфагновый покров, который заполнил промежутки между кочками пушицы. Древостой поднялся до 3–4 м. На участке точки 6 после пожаров сформировался пушицево-сфагново-осоковый фитоценоз. К 2022 г. пушица исчезла, а сфагновые мхи распространились повсеместно. Под осоково-сфагновым фитоценозом образовался мощный слой очеса.

Распространение сфагновых мхов свидетельствует о прогрессирующем накоплении влаги в этих гидротопях и развитии

болотного процесса. Способствует этому наличие оставшегося торфяного слоя, который имеет большую влагоемкость и хорошо удерживает влагу.

Затопленные картовые поля (точка 7) расположены на восточной окраине болота на опущенной поверхности ложа (на 2 м ниже точек 1–2). К ним подходит минеральная гряда, с двух сторон окаймленная осушительными каналами. На участке с самой низким уровнем вода из каналов разливается, затапливая окружающие территории. В 2011 г. здесь были развиты рогозовые, осоковые и тростниковые группировки. Через 10 лет тростниковые заросли вытеснили другие сообщества и полностью заняли все пространство.

### **Выводы**

Добыча торфа на болоте Васильевский Мох в 1927–1975 гг. привела к коренному изменению растительного покрова, в котором появились нетипичные для болотных комплексов элементы. Первичные сукцессии неоднократно прерывались торфяными и лесными пожарами.

Существенные различия возникли в зарастании торфяных карьеров и выработанных фрезерных полей. Сплавинообразование на поверхности карьеров и формирование болотных комплексов на перемышках шло более стабильно, чем зарастание фрезерных и осушенных полей. Обводненность карьерных участков препятствовала широкому распространению пожаров, а поврежденный растительный покров на перемышках быстрее восстанавливался.

Преобладающими сообществами на фрезерных и осушенных полях стали лесные и луговые. После пожаров 1990-ых гг. в течение 20 лет произошло восстановление древесного яруса, высотой более 5 м. Широкое распространение получили осиново-березовые и сосново-березовые вейниковые и политриховые фитоценозы. В пределах западин минерального ложа болота с мощным остаточным слоем торфа сформировались пушицево-сфагновые и осоково-сфагновые сообщества. На затопленных фрезерных полях преобладающими стали тростниковые фитоценозы.

### **Список литературы**

1. Абрамова Л.И. Формирование растительности на выработанных торфяниках и основные пути их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1969.
2. Зайцева О.Б. Формирование вторичной растительности на выработанном болоте Васильевский Мох Тверской области. // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. I часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007 б. С. 192–196.
3. Веселов Н.В., Панов В.В. Естественное восстановление растительности на выработанных болотах южной тайги (на примере Тверской области) // Бот. журн. Т. 90. № 12. 2005. С. 1847–1857.

4. Крупнов Р.А. Формирование естественных фитоценозов на выработанных торфяниках // Антропогенные ландшафты Тверской области: состояние и проблемы. Тверь, 2004.
5. Малышева В.Г. Естественное зарастание выработанных торфяников // Вопросы оптимизации растительного покрова Верхневолжья. Калинин, 1981.
6. Муравьева, Л. В. Освоение, антропогенные изменения и современное состояние болотных геосистем Тверской области: специальность 25.00.23. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов: диссертация ... кандидата географических наук. Тверь, 2011. 143 с.
7. Муравьева, Л. В. Распространение пожаров и их влияние на развитие природно-антропогенных комплексов болота Васильевский Мох // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2023. № 1(41). С. 47–55.
8. Носков Н.Ф. К гидробиологической характеристике карьеров гидроторфа // Природные условия и возможности хозяйственного использования торфокарьерных площадей. М., 1968. С. 124–132.
9. Панов В.В., Веселов Н.В. Принципы классификации выработанных торфяников // Изв. АН. Сер. География. 2002. № 6. С. 86–95.
10. Резников А.И., Исаченко Г.А., Степочкина О.Е., Сколзубова М.В. Динамика ландшафтов после добычи торфа карьерным способом. // Изв. РГО. 2004. Т. 136. Вып. 2. С. 55–67.
11. Резников А.И., Исаченко Г.А., Степочкина О.Е., Сколзубова М.В. Динамика ландшафтов после добычи торфа фрезерным способом // Изв. РГО. 2004. Т. 136. Вып. 3. С. 49–62.
12. Смагин В.А. Динамика зарастания торфяных карьеров (на примере выработанных торфяников Ленинградской области). Ботанический журнал. 1982. Т. 67. № 8. С. 112–117.
13. Технический проект реконструкции и расширения торфопредприятия Васильевский мох Калининской области. М.: Гипроторф, 1939. Т. 2. 161 с.
14. Тюремнов С.Н., Абрамова Л.Н., Лисс О.Л., Страшнова С.В. Процесс зарастания выработанных торфяников. // Природные условия и возможности использования торфокарьерных площадей. М.: Мингеологии РСФСР, 1968. С. 26–59.

*Об авторах:*

МУРАВЬЕВА Любовь Валерьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: [lmuraviova@mail.ru](mailto:lmuraviova@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6434-2056, SPIN-код: 4091-7957.

САФРОНОВА Екатерина Олеговна – магистр 1-го курса направления 05.04.06 «Экология и природопользование» ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», бакалавр по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование» (170021, г. Тверь-21, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail:

skate20001209@gmail.com), ORCID: 0009-0008-3854-208X. Научный руководитель: канд. геогр. наук Л.В. Муравьева.

**DYNAMICS OF VEGETATION COVER ON THE DISTURBED  
SWAMP VASILIEVSKY MOSS**

**L.V. Muraveva, E.O. Safronova**

Tver State University, Tver

The vegetation cover that forms in the bog after peat extraction is unstable and dynamic due to changing moisture conditions, as well as peat and forest fires. Restoration of the tree layer after burning occurs within 15–20 years.

**Keywords:** *disturbed swamp, plant communities, fires, overgrowth, waterlogging.*

Рукопись поступила в редакцию 12.02.2024  
Рукопись принята к печати 19.02.2024

## **Социально-экономическая география**

УДК 911.375

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-69-82>

### **КЛАССИФИКАЦИИ ГОРОДОВ – ТУРИСТСКИХ ЦЕНТРОВ**

**Н.Д. Соколов, С.И. Яковлева**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Цель исследования – обобщение опыта систематизации туристских городов мира. Научная новизна состоит в разработке авторской типологии городов по характеру изменения под воздействием туризма.

**Ключевые слова:** *городской туризм, туристские города, классификация туристских городов, влияние туризма на городское пространство.*

#### **Введение и постановка проблемы**

Классификации и типологии туристских городов – популярная тема междисциплинарных исследований. Запрос «Типы туристских городов» в программе Lens.org: <https://www.lens.org/> показал более 13 тыс. научных работ, в том числе более 4 тыс. – работы географов. При внимательном знакомстве с предложенным списком публикаций работ с типологиями туристских городов немного: из 100 – одна. Поэтому нами составлен авторский список литературы, на его базе выполнено обобщение опыта систематизации туристских городов. Разработана авторская типология городов по характеру изменений в городском пространстве под воздействием туризма.

#### **Результаты исследования**

Классификация городов-туристских центров впервые была выявлена экспертами UNWTO (Всемирная Туристическая Организация Объединённых Наций). При этом учтена сложившаяся туристская специализация, названо *пять специализированных типов*: центры культурно-познавательного туризма, центры событийного туризма, курорты и центры лечебного туризма, центры паломничества, центры международного туризма. Примеры туристских городов этих типов называют многие авторы, в том числе см. в статье [9] приведены примеры этих городов с характеристиками объектов обслуживания, выявлены

© Соколов Н.Д.,  
Яковлева С.И. 2024

градостроительные и архитектурные факторы их формообразования (морфологическая функция в соответствии с нашей концепцией географических функций городского туризма [12]). К внешним факторам градостроительного характера авторы отнесли: 1) культурно-исторический фактор – влияет на архитектурно-пространственную организацию центров туризма в структуре исторически-сложившейся застройки; 2) пространственно-композиционный фактор – влияет на архитектурно-пространственную организацию центров туризма; 3) климатический фактор – влияет на архитектурно-пространственную организацию центров туризма, использование местных строительных материалов, особенность сезонной эксплуатации центров туризма. К факторам архитектурного характера, а именно объемно-планировочного характера центров туризма, авторы отнесли архитектурно-художественное решение центров туризма и функциональное насыщение и зонирование центров туризма.

Патрик Маллинс в своей статье «Города как места для развлечений» (1999) [15] предложил выделять среди туристских городов 3 основных типа:

1) *Курортные города* (Resort cities) как места, созданные специально для «гостей». Маллинс использует термин «туристская урбанизация» (tourism urbanization), чтобы описать развитие таких мест.

2) *Туристско-исторические города* (Tourist-historic cities), где туристы могут испытать историческую и культурную самобытность старого города. Иногда, эти города долгое время были объектами туризма (например, Венеция и Афины), но во многих случаях программа сознательного продвижения и реконструкции наследия превратила их в туристические объекты.

3) *Преобразованные города* (Converted cities) – города, изменённые за счёт создания туристской инфраструктуры с целью привлечения посетителей, но туристическое пространство, созданное этой инфраструктурой, изолировано от более широкой городской среды в процессе неравномерного развития. Обычно производственные объекты, такие как производственные и портовые сооружения, либо адаптируются к новому использованию, либо заменяются, а новые объекты создаются специально для туристов.

Маллинс высказал предположение, что *основной пространственный эффект городского туризма* заключается в создании приукрашенных пространств, в которых не участвуют люди, занятые физическим трудом (за исключением случаев, когда они заняты исторической реконструкцией или развлечениями), которые исключают видимые признаки бедности и дают людям возможности для официально санкционированных развлечений.

Использование сдвоенной типологии (табл. 1) позволяет устанавливать тип туристского города по доминированию 2 признаков (их двух типологий – специализация и генезис). Примеры: Барселона – 5с, Лондон – 5с (для этих городов имеет значение и факт полного восстановления после тотальных военных разрушений: Барселона – ковровые бомбардировки в 1938–1939 гг., Лондон, 1940–1941 гг.).

Таблица 1

Соотношение двух типологий туристских городов  
(составлено автором)

№	Специализированные типы туристских городов (UNWTO)	Основные типы туристских городов, созданные в процессе туристской урбанизации (Маллинз, 1999)		
		Курортные города	Туристско-исторические города	Преобразованные города*
		a	b	c
1	Центры культурно-познавательного туризма	●	+	●
2	Центры событийного туризма	●	●	+
3	Курорты и центры лечебного туризма	+	●	●
4	Центры паломничества		+	
5	Центры международного туризма	+	+	+

+ Полное соответствие

● Частичное соответствие

\*Наше уточнение: *преобразованные города* с учётом полного восстановления после тотальных разрушений военно-конфликтного или природного характера.

В работе [13] проведена классификация туристских городов на основе различий в их туристских ресурсах, все туристские города разделены на *три типа*: естественный тип, культурный тип и интегрированный тип.

Вариант типологии городов по степени развитости сферы туризма и зависимости городов от её развития представлен в диссертации по культурологии [4, с.133]: 1) узкоспециализированные города; 2) города, в которых туризм – часть экономики; 3) города не являются центрами туризма; 4) города, которые не были ориентированы на туризм, но сейчас стремятся стать туристскими центрами (например, бывшие промышленные города Урала [17]). Приведены примеры городов всех типов.

В типологии Булатовой Е. К. (2015) [3] названо несколько признаков (рис.), но в итоге выделено 4 базовых типа для малых и средних городов по *специализации*: 1 тип – центр культурно-познавательного туризма, подтипы: промышленный центр, историко-культурный центр, город-музей, научный центр. 2 тип – центр событийного туризма, подтипы (дифференцируются по масштабным уровням): центр событий мирового значения, центр событий национального значения, центр событий локального значения. 3 тип – курорт и центр лечебного туризма, подтипы: города-курорты (расположенные у береговых линий), города – рекреационные центры, (расположенные вблизи рекреационных (целебных) или горных ресурсов). 4 тип – центры паломничества, подтипы: религиозные туристские центры, центры архитектурного паломничества.

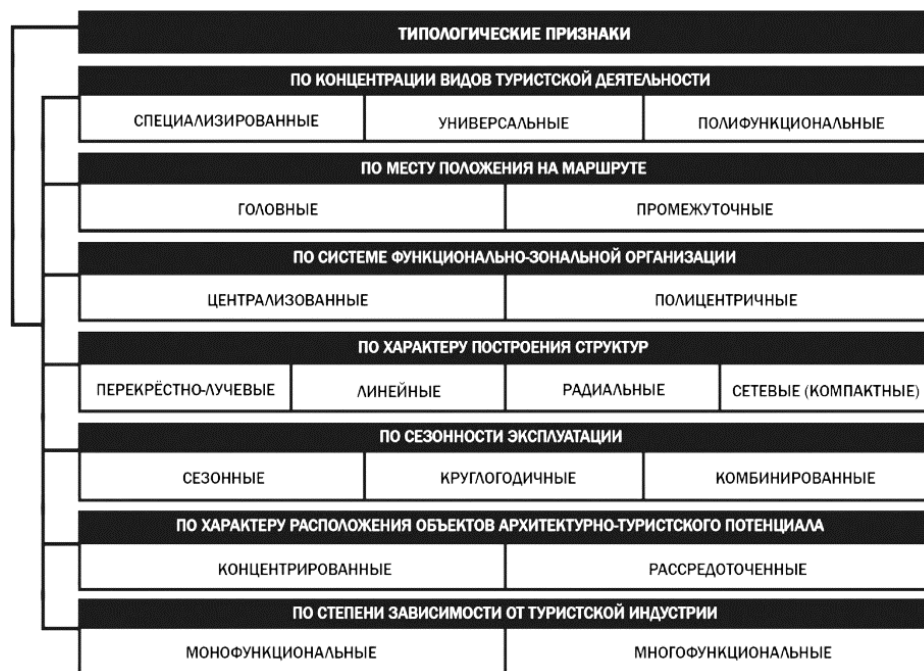


Рис. Типологические признаки формирования классификации туристских центров в отечественной и зарубежной практике [3, с. 2]

Интерес представляет градостроительная *типология приморских курортных городов* побережья Средиземного и Черного моря по особенностям *курортно-планировочной структуры города* [5]. В данной типологии учтено пространственное сочетание курорта и его базового города, когда курорт занимает прибрежную зону, а базовый город имеет 4 варианта расположения относительно курорта. Попытаемся



прокомментировать возможные варианты изменений базового города в связи с развитием курорта и туристской инфраструктуры (табл. 2).

Таблица 2

Типология пляжных курортов Средиземного и Черного морей, обладающих системой общих признаков (39 курортных города) и взаимосвязь с базовым городом  
(дан авторский комментарий о возможных процессах влияния развития курорта на базовый город)

№	Типы приморских курортных городов (модели)	Примеры курортных городов (страны)	Направления влияния курорта на базовый город
Составлено автором по тексту [5]: с точки зрения градостроительства			Составлено автором в качестве комментария с точки зрения географии
1	Курортный комплекс расположен вне базового города (итальянская модель: курорт – «спутник» города)	Италия: Марина-ди-Каррара, Форте-деи-Марми, Марина-ди-Петрасанта и Лидо-ди-Камайоре	Каркасная модель городского расселения: формируется моноструктурная городская агломерация: ядро – базовый город
2	Город и курорт – единое целое: курорт – в прибрежной зоне, а туристская инфраструктура сосредоточена внутри базового города	Испания: Каорле, Пинеда-де-Мар Россия: Ялта, Алушта, Коктебель, Туапсе, Судак, Алупка, Феодосия Алания (Турция), Израиль: Нетания и Герцлия	Пляжная зона имеет свои границы, а внутри базового города формируются туристские пространства. Проблемы овертуризма на территории базового города вне курортной (пляжной) территории
3	Курорт – прибрежная часть города + часть базового города, где существуют определённые границы между курортом и городом (например, автомагистраль, канал, реки, границы курортных учреждений/их территорий со своими пляжами)	Испания: Льорет-де-Мар, Линьяно-Пинета, Мальграт-де-Мар, Тосса-де-Мар Италия: Лидо-ди-Езоло, Бибьоне Турция: Анталия, Мармарис, Белек, Сиде, Бодрум Евпатория (Россия) Тель-Авив (Израиль)	
4	Курорт растягивается вдоль побережья в сторону от центра базового города, курорт является элементом базового города	Анапа и Геленджик (Россия), Бургас и Варна (Болгария), Бланес и Калелья (Испания), Виарежджо (Италия), Фетхие (Турция)	

			общественного транспорта)
5	Смешанный тип (как сочетание признаков из 4-х типов)	Сочи (сочетание 2 и 3)	Городская агломерация Б.Сочи (приморская линия – курортная агломерация)

В ежегодных отчётах Всемирной федерации туристических городов о развитии туристических городов мира (2015–2022 гг.) [14] используется классификация городов по степени (уровням) пространственного влияния:

1. Туристические города – глобальные центры (*global hub tourism cities*) [10] оказывают сильное влияние на формулирование правил мирового туризма и развитие туристических рынков. В настоящее время к общепризнанным *глобальным туристским городам* туризма относятся: Париж, Лондон, Берлин, Милан, Нью-Йорк, Лос-Анджелес, Токио, Сеул, Сингапур, Гонконг, Дубай, Пекин и Шанхай и т. д. Они могут предложить высококачественные услуги, такие как проживание, питание, транспорт и туристическую деятельность, тем самым привлекая большое количество туристов. Кроме того, эти города являются выдающимися по производительности в таких областях, как экономика, культура, образование, технологии и транспорт, которые способствует их относительно высокому рейтингу по множеству показателей.

2. Туристические города – межконтинентальные центры (*intercontinental center tourism cities*) обычно являются основными распределительными центрами международного туризма, поскольку они имеют лучшие туристические ресурсы и инфраструктуру, играют связующую роль «сверху вниз» в развитии мирового туризма. В число этих городов входят Чикаго, Майами, Рио-де-Жанейро, Мюнхен, Сидней, Тайбэй, Мельбурн, Москва и Барселона.

3. Туристические города – региональные узлы (*regional node tourism cities*) – это туристические направления страны или региона с уникальными характеристиками (туристскими продуктами), оказывают большее влияние на региональный туризм и специальный туризм, являются важными узлами для профессиональных и специальных туристских маршрутов. Например, Ницца, Лас-Вегас, Гавайи, Афины, Канкун, Брисбен, Гуйлинь, Сиань, и Макао и т. д.

Эта географическая классификация туристских городов даёт представление о системе городов – «организаторов» мирового туристского пространства, она отражает влияние на мировое туристское пространство, т.е. проявление *внешних глобальных географических функций* туристских городов. При этом можно выявлять и внутренние (микрореографические) функции, когда речь идёт о влиянии туризма на городское пространство города (см. нашу концепцию географических функций городского туризма).

Степень значимости туристских городов в мировом туристском пространстве, вероятно, отражается на внутреннем территориальном устройстве этих городов, так как туризм является ведущим фактором городского развития и формирования городского пространства.

В *оценочной типологии городов* по характеру влияния на городское пространство важно отразить не размер города или его значимость в глобальных/национальных туристских потоках (глобальные города, столицы и пр.), а характер изменений – *туристскую трансформацию* первоначальных функций города, кардинальную или частичную перепланировку города, локальные изменения для инфраструктурного переустройства города в целях развития гостеприимства, превращения части города и его достопримечательностей в туристские бренды и др. Считаем важным выделение особого узкоспециализированного типа – курортные города, центры азартного (игрового) туризма и др. (можно ориентироваться на 5 типов, выделенных UNWTO и расширять типологию).

На базе изучения городов-туристских центров нами разработан следующий вариант типологии, где учтены *изменения* городского пространства под влиянием туризма (табл.3). Типология открыта для дополнений (особенно требуется дополнение подтипов с тем, чтобы охватить больше вариантов изменений в городском пространстве под воздействием туризма).

Таблица 3

Типы туристских городов по характеру изменения городского пространства (разработано авторами)

	Типы туристских центров	Примеры
<b>1</b>	<b>Туристские города с кардинальной трансформацией первоначальных функций и пространства:</b>	
1а	Исторический город (трансформация при подготовке к международным событийным мероприятиям)	Барселона (столица Каталонии, Испания)
1б	Старопромышленный город (здания и сооружения остановленных производств используются как объекты культурного туризма)	Лодзь (Польша) [1] Линц (Австрия)
1в	Столичный город – новый центр международного туризма	Ашхабад (Туркменистан), Токио (Япония) Берлин (Германия, после объединения в 1991 г. Западного и Восточного Берлина <sup>1</sup> ) Богота (Колумбия)

<sup>1</sup> Началось восстановление/строительство утраченных исторических зданий. См. статью [2].

1г	Города в свободных экономических зонах с созданием новых международных культурных центров	Китай: Шэньчжэнь, Шанхай, Сянган (это Гонконг), и Тяньцзинь.
<b>2</b>	<b>Туристские города с частичной пространственной «переделкой»: трансформацией отдельных районов</b>	
2а	Исторические города: трансформация при подготовке к событийным мероприятиям	Лондон, Сочи Турин (Италия) Сеул <sup>1</sup> (Республика Корея) Саппоро (Япония) Ханчжоу <sup>2</sup> (Китай)
2б	Город без искусственных туристических кварталов и кварталов, специально предназначенных для туризма. Созданы стратегические центры «гостеприимства».	Округ Антверпен (Бельгия) Копенгаген (Дания)
2в	Портовый город с туристской набережной (комплекс туристской инфраструктуры и достопримечательностей)	Кейптаун (ЮАР)
2г	Создание подземного пространства для туризма (конференц-центр)	Буэнос-Айрес (Аргентина)
<b>3</b>	<b>Туристские города с трансформацией исторического центра/частей города:</b>	
3а	Музеефикация исторических зданий, комплексов, например, императорской резиденции в Пекине (объект музейного показа)	Пекин <sup>3</sup> (с 1925 г.)
3б	Музеефикация этнических деревень в городе, старых домов/дворов, мастерских и др. (музеи под открытым небом)	Пекин: Парк национальностей Китая (1994-2001) был первым проектом в ходе строительства Национального Олимпийского парка к Пекинской Олимпиаде-2008. Ханчжоу (Китай)
3в	Сложившееся историческое ядро с новыми достопримечательностями	Вена (Австрия), Дубай (1799, ОАЭ) Лиссабон (старейший город Западной Европы, Португалия),

<sup>1</sup> Олимпийские игры 1988 года и 10-е Азиатские игры в 1986 году.

<sup>2</sup> Летние Азиатские игры 2022 года (проведены в 2023 г.)

<sup>3</sup> Запретный город в центре Пекина (сейчас – музейный дворец, 1406 г.): <http://art-of-trip.ru/zapretnyj-gorod-v-centre-pekina/>. Территория комплекса занимает площадь около 72 га с общей площадью застройки 150 000 квадратных метров. Длина с юга на север – 961 метр, ширина с запада на восток – 753 метра. Комплекс включает в себя 980 зданий с более чем 8700 комнатами в более чем 70 дворцовых комплексах. Территория делится на три части: оборонительные сооружения (ров и стена), внешний двор и внутренний двор.

		Йорк (71 году н. э., Англия) Казань (Россия)[8]
3г	Создание подземного пространства в историческом центре города	Хельсинки
<b>4</b>	<b>Узко специализированные туристские города:</b> обновление старой застройки, новые виды туристских объектов:	
4а	Курортные города (с лечебными функциями) с пространственной трансформацией землепользования и застройки	Кисловодск (Россия)
4б	Исторический центр игорного бизнеса	Аомэнь (Макао, Китай)
<b>5</b>	<b>Города с трансформацией первичных туристских функций:</b> новые туристские объекты, благоустройство города, расширение общественных пространств	
5а	Переход из музейного культурно-познавательного экскурсионного центра к туристскому	Клин (Моск.обл.)
5б	Малые исторические города как новые объекты экскурсионного туризма	Исторические города Тверской области (Торопец, Торжок, Осташков – имеют статус исторических городов России; старые города: Вышний Волочёк, Старица, Красный Холм и др.
5в	Переход от транзитного экскурсионного центра к многофункциональному туристскому центру	Тверь
5г	Старопромышленные города (музеефикация остановленных производств: промышленные музеи под открытым небом)	Промышленные города Урала

### Описание типов туристских городов (табл.3):

**Тип 1.** Туристские центры с кардинальной трансформацией функций и пространства (структуры города), например, в связи с подготовкой к международным крупным событийным мероприятиям. Для одних городов участие в Олимпиаде – это повод для переделки устаревшего города (*Барселона, Токио*), для других – это переход от производственного использования зданий и сооружений (промышленности) к творческому, культурному (*Лодзь [1], Линц*). В этом типе туристских городов особый подтип: восстановление столичных городов после стихийных бедствий, войны, их попытка вернуться в лидеры (*Берлин*) или впервые стать глобальным туристским центром (*Ашхабад, Богота*).

Трансформированные города в свободных экономических зонах Китая [6]: *Шэньчжэнь, Шанхай, Сянган (это Гонконг), и Тяньцзинь* (морские ворота в Пекин и Северный Китай). Изначальная цель многих свободных экономических зон Китая – построить всемирно известный

туристский город и «создать международное городское культурное туристское направление, сочетающее творчество, фестивали и мероприятия». В этих городах, даже в условиях отсутствия историко-культурных ресурсов, создаются объекты/центры современной культуры для развития культурного туризма: различные музеи, в том числе музеи науки и техники, библиотеки и т. д. Лекционный зал, целью которого стало познакомить граждан с искусством в различных его проявлениях, таких как музыка, танцы, каллиграфия, живопись, фотография, повысить уровень своего мастерства в области культуры и искусства. Активного шопинг-туризма недостаточно для развития культурного туризма (пример Сянган).

**Тип 2.** Туристские центры с частичной пространственной «переделкой»: а) трансформация отдельных районов исторических городов при подготовке к международным событийным мероприятиям, например, Олимпиаде: *Лондон* (подробно см. раздел в диссертации, глава 2), *Турин* (из центра автомобильной промышленности к городу культуры и инноваций), *Сочи* (переделка Адлера – района Сочи с организацией прибрежного и горного кластеров), *Сеул* (город конференций, попытка создать «великий город для прогулок» и рассредоточить туристские достопримечательности не только в центре, а в 17-ти из 25 районах города), *Ханчжоу* (восстановление/реставрация историко-культурного наследия, превращение в город конференций и событий с 2016 г.), *Саппоро* – курортное место, в его окрестностях имеется множество горячих источников, старый курорт расположен в историческом центре города. Саппоро – событийный город – центр Зимних Олимпиад и сезонных фестивалей (ежегодно проводится Снежный фестиваль) + новая специализация – кластер ИКТ = умный город; в октябре 2023 года власти Саппоро, ориентируясь на мнение горожан, отозвали заявку на проведение зимней Олимпиады–2030; б) *города без искусственных туристических кварталов* и кварталов, специально предназначенных для туризма. Пример: в округе Антверпен (Бельгия) создано 12 стратегических центров «гостеприимства» – это территории с высокой плотностью предприятий гостиничного обслуживания, общественного питания и развлечений, где существует определенная согласованность целевой аудитории, видов деятельности и т. д.; в) *переделка портового города* с созданием туристской набережной в гавани как современного комплекса туристской инфраструктуры и достопримечательностей. Набережная Виктории и Альберта – основной туристский район *Кейптауна*, а по улицам города не принято гулять, нет и тротуаров, на окраинах трущобы (тауншипсы); г) *создание городского подземного туристского пространства*, пример: 3-х этажный конференц-центр в *Буэнос-Айресе* (Аргентина).

**Тип 3.** Туристские города с трансформацией исторического центра/частей города: а) варианты с музеефикацией исторических объектов (превращение в объекты музейного показа исторического центра города с крупным по площади дворцовым комплексом, бывшей императорской резиденции, этнических деревень в городе, старых домов/дворов (музеи под открытым небом): *Пекин*; б) многочисленные примеры городов, где сложившееся историческое ядро дополнено новыми достопримечательностями (*Вена, Дубай, Лиссабон, Йорк, Казань* и др.); в) создание подземного пространства в исторической части города, это главная туристская достопримечательность города (*Хельсинки*, глубина «города» до 30 м).

**Тип 4.** Узко специализированные туристские города: обновление старой застройки, новые виды туристских объектов.

Например, курортные города (с лечебными функциями) с пространственной трансформацией землепользования и застройки, а также проблемами благоустройства, оздоровления окружающей среды, транспортными проблемами, необходимостью мероприятий по сохранению ценных туристских и курортно-рекреационных ресурсов (Кисловодск, Россия).

Китай, город Аомэнь (Макао) [6] в свободной экономической зоне как объект всемирного культурного наследия. Это самый старый, самый большой и хорошо сохранившийся *исторический город* в Китае. Аомэнь – один из наиболее развитых свободных портов в мире, единственное место в Китае, где разрешён азартный туризм (культурно-экономический туризм): создан новый тип казино. У игорного бизнеса в Аомэне долгая, четырехсотлетняя история: от больших и маленьких игорных палаток на улицах и переулках в XVI веке, до сегодняшних огромных отелей и казино (три основных казино в городе).

**Тип 5.** Города с трансформацией первичных туристских функций: новые туристские объекты, благоустройство города, расширение общественных пространств: а) *переход* из музейного культурно-познавательного экскурсионного центра к туристскому (*Клин*, Московская обл.); б) малые исторические города как новые объекты экскурсионного туризма Примеры: исторические города Тверской области (*Торопец, Торжок, Осташков* – имеют статус исторических городов России; старые города: *Вышний Волочёк, Старица, Красный Холм* и др.); в) переход от транзитного экскурсионного центра к многофункциональному туристскому центру (*Тверь*); г) старопромышленные города (музеефикация остановленных производств: промышленные музеи под открытым небом): промышленные города Урала можно условно разделить на две группы: действующие промышленные центры (Нижний Тагил) и *исторические индустриальные города* (от археологических памятников до

руинированных заводов и заброшенных шахт). Примеры: эко-индустриальный технопарк на территории старого Демидовского завода – главная точка индустриального туризма в *Нижнем Тагиле*. На сегодняшний день это первый в России музей-завод истории развития чёрной металлургии [11].

Каждый анализируемый туристский центр отнесён к определённому типу по доминирующей характеристике, при этом часто имеет несколько признаков. Пример: *Тяньцзинь* (Китай) – город в свободной экономической зоне Китая (отнесён к подтипу 1г), исторический портовый город – «ворота» в Пекин и северный Китай, современный промышленный центр. Город сохранил многонациональную застройку разных стран в историческом центре (бывшие концессии). Идёт формирование международного культурного центра (1в), создаются грандиозные и уникальные по размерам и сложности современные сооружения для гостей города (аквапарк с волновым бассейном, колесо обозрения над мостом, полярный аквариум). Выполнена реконструкция исторических памятников архитектуры, в том числе участок Великой Китайской стены, создана «культурная улица» и музейный исторический город (3б).

### Выводы

Разные варианты типологии туристских городов интересны для систематизации опыта городских практик развития. В нашей типологии (табл.3) заложен прогнозный подход как понимание этапности с разным состоянием городского пространства под воздействием туризма. Эту типологию можно соотнести с типами туристских городов П. Маллинза (1999). Например, Тверь – город, восстановленный после войны, с минимальной долей древней застройки – пока преимущественно транзитный межстоличный экскурсионный центр, стремительно превращается в паломнический центр (идет активный процесс восстановления утраченных культовых сооружений, реставрация, новое строительство храмов).

### Список литературы

1. Александрова А.Ю. Трансформация городского пространства: от индустриального прошлого к центру культуры и туризма (кейсы города Лодзь) // Современные проблемы сервиса и туризма. 2017. Т. 11. No 2. С. 47–60. DOI: 10.22412/1995-0411-2017-11-2-47-60.
2. Альсулейман М.И., Яковлева С.И. Модели послевоенного восстановления городов: исторический опыт и уроки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2020, No2, с. 40-45. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2020.2/2884>.
3. Булатова Е. К., Ульчицкий О. А. Архитектурно-типологическое формирование туристского центра // Научно-методический электронный



- журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 2146–2150. URL: <http://e-koncept.ru/2015/85430.htm>.
4. Голомидова О.Ю. Туризм как феномен городской культуры: дисс. ... канд. культурологии. 24.00.01. Теория и история культуры. Екатеринбург, 2019. С.133. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/68448/1/urfu1982\\_d.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/68448/1/urfu1982_d.pdf).
  5. Долинская И.М., Новикова К.Э. Типология приморских курортных городов побережья Средиземного и Черного моря // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 3(96). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13296>.
  6. Лю Ин. Культурный туризм в свободных экономических зонах Китая (на примере СЭЗ Аомэнь, Шанхай и Хайнань): Дисс... канд. культурологии. 24.00.01 Теория и история культуры (культурология) Владивосток, 2021. 284 с. URL: <http://ihaefe.org/wp-content/uploads/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%9B%D1%8E-%D0%98%D0%BD-24.09.21.pdf>.
  7. Меркушев С. А. Среда как ограничитель и стимулятор реализации туристского потенциала территории // Географический вестник. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sreda-kak-ogranichitel-i-stimulyator-realizatsii-turistskogo-potentsiala-territorii>.
  8. Муртазина Г.Р. Совершенствование туристской инфраструктуры как возможность развития внутреннего и въездного туризма в г. Казани // Вестник КазГУКИ. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-turistskoy-infrastruktury-kak-vozmozhnost-razvitiya-vnutrennego-i-vezdnogo-turizma-v-g-kazani>.
  9. Покка Е. В., Гафиятуллина А. Ф. Современные тенденции формирования центров туризма в контексте развития туристских центров // Известия КазГАСУ. 2020. №2 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-formirovaniya-tsentrov-turizma-v-kontekste-razvitiya-turistskih-tsentrov>.
  10. Соколов Н. Д. Глобальные города – международные туристские центры // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2022. № 4(40). С. 65–72. DOI 10.26456/2226-7719-2022-4-65-72.
  11. Тимакова Р.Т., Радыгина Е.Г. Особенности развития промышленного туризма в Уральском макрорегионе // Сервис в России и за рубежом. 2023. №1 (103). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-promyshlennogo-turizma-v-uralskom-makroregione>.
  12. Яковлева С. И., Соколов Н. Д. Роль международных событийных мероприятий в пространственном развитии Барселоны // Туризм и региональное развитие. 2022. № 1(4). С. 19–30. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49511997>.
  13. Chen Z., Chen L. (2012). A Study on the Spatial Relationship between Rural Tourist Destination and Large Cities in China// Advanced Materials Research

- (Volumes 610-613). URL:  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.610-613.3789>.
14. Cities Development Report (2022). World Tourism Cities Federation. P.48.  
URL:  
<https://media.wtcf.org.cn/M00/03/2C/rBFBuGT0ONiAdEnIAF7tgkBqMB4774.pdf>.
15. Mullins P. (1999). Cities as Places to Play // The Tourist City. Edited by Dennis R. Judd, Susan S. Fainstein. Pp. 261–272. URL:  
[https://books.google.ru/books?id=HwhNZ\\_O2vEQC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ru/books?id=HwhNZ_O2vEQC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false).

*Об авторах:*

СОКОЛОВ Никита Дмитриевич – аспирант 2-го года обучения по направлению 1.6.13 «Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география» ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: nikita.sok1998@mail.ru, ORCID 0000-0002-7904-1299, eLIBRARY ID: 47572854. Научный руководитель: д-р экон. наук С.И. Яковлева.

ЯКОВЛЕВА Светлана Ивановна – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры туризма и природопользования ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2); e-mail: Sv\_Yakowleva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7760-4553, SPIN-код: 9043-8828.

## CLASSIFICATIONS OF TOURIST CENTERS

**N.D. Sokolov, S.I. Yakovleva**

Tver State University, Tver

The purpose of the study is to summarize the experience of systematizing tourist cities in the world. The scientific novelty lies in the development of the author's typology of cities according to the nature of change under the influence of tourism.

**Keywords:** *urban tourism, tourist cities, classification of tourist cities, the influence of tourism on urban space.*

Рукопись поступила в редакцию 24.02.2024

Рукопись принята к печати 26.02.2024

УДК 911

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-83-94>

## НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ АТТРАКТИВНОСТИ МАЛЫХ ПРОВИНЦИАЛЬНЫХ ГОРОДОВ

**Ю.В. Преображенский, А.А.Чеснаков**

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов

Рассматривается категория провинции, её признаки. В качестве основного объекта исследования выделяются малые провинциальные города. Их современное состояние рассматривается с позиции балансирования между созданием аттрактивности на натурном и информационном уровне и противостоянием негативным процессам маргинализации и социально-культурной деградации в целом. Анализируются сильные и слабые стороны некоторых моделей развития провинциальных городов. Предлагается методика расчёта индекса аттрактивности городов, которая апробируется на данных по 17 малым городам пяти российских регионов. Дискутируются возможности развития малых городов на основе туристского ресурса.

**Ключевые слова:** *малый город, провинциальный город, медленный город, аттрактивность города, маргинализация, провинция.*

### **Введение**

Выделение пространственной категории *провинции* основывается на понимании сущности «провинциальности». На бытовом уровне приходится слышать высказывания вроде «да это провинция», «провинциальный городок», однако, насколько в действительности широко понятие провинции? Как измерить степень провинциальности определенной территории или населенного пункта? Какую роль в целом может иметь выделение провинциального пространства в географических исследованиях? Попробуем ответить на поднятые вопросы, подкрепив теоретическую часть анализом степени аттрактивности некоторых малых (преимущественно исторических) городов, расположенных в пределах пяти субъектов РФ восточнее Москвы.

### **Делимитация провинции**

Прежде всего следует установить, частью какого более общего таксона является провинция и каковы другие его составные части. В

© Преображенский Ю.В.,  
Чеснаков А.А., 2024

первом приближении провинция есть антипод *столицы*, категории, в которую можно относить и региональные столицы (административные центры регионов-субъектов РФ). Но провинцию можно рассматривать и как часть трёхзвенной структуры *центр-провинция-периферия*. Здесь провинция является переходной зоной, зависимой от центра, но во многом определяющей жизнь на периферии.

Представляется, что провинцию следует рассматривать в качестве зоны территориальной социокультурной системы, не акцентируя внимания на экономических аспектах развития. В этом, социокультурном измерении, провинция может быть разноликой, смешивать признаки аттрактивной территории с территорией маргинальной [9].

В чём проявляется аттрактивность какой-то территории? Сложно ответить на этот вопрос однозначно. С одной стороны, с позиции чувственного восприятия притягивают взгляд уникальные объекты историко-культурного наследия, но, с другой, и типичное тоже может притягательным, рождая, возможно, ностальгические ощущения (пр.: *типичная улица провинциального города с оконными наличниками и котом на крыльце, а на углу дом с белым узорочьем*). Во многом аттрактивной является целостность (ненарушенность) культурного ландшафта, законченность локального хронотопа [6]. Но эта целостность даётся непросто, на неё непрестанно покушается семантический шум (расклеенные объявления, звуковая реклама, граффити (интересная статья на тему последних [5]), пребывание «местной интеллигенции».

Маргинальные черты провинциального города имеют больше внутреннее происхождение, они являются проявлением деградации местной коммунальной и социальной инфраструктуры и вымыванием человеческого капитала. В этой ситуации можно говорить о суженном воспроизводстве социально-экономической составляющей города, которое неизбежно приводит к утрате сложно фиксируемого социокультурного капитала места.

Провинциальный город, таким образом, оказывается в постоянной борьбе за сохранение своего узнаваемого облика и полноценной городской жизни. К сожалению, насколько можно судить, эта борьба оказывается относительно успешной только в пределах отдельных городских локаций, вблизи достопримечательностей.

### **Малый провинциальный город**

Мы разделяем мнение Т.С. Злотниковой, считающей, что «... материальная конкретность, присущая хронотопу русской провинции, воплощается в нескольких феноменах: в природном ландшафте, в религиозных сооружениях, в сельских, прежде всего деревянных архитектурных сооружениях. Однако для современных представлений о

провинции наиболее репрезентативным следует признать город, в частности исторический провинциальный город» [2, с. 19].

Существенная часть исторических провинциальных городов европейской части России лежит в зоне т.н. *внутренней периферии*, под которой Б.Б. Родман понимал «территории (субареалы), расположенные скорее ближе к его центру, чем к окраинам, но обладающие такими чертами окраин, как относительно плохая транспортная доступность, замедленное развитие, явное отставание по многим социально-экономическим показателям, архаические черты в ландшафте и быте населения» [12, с. 140]. Малые города являются при этом и ядрами своих узловых районов, организуя прилегающую территорию, и в этом качестве противодействуя отмеченным негативным свойствам внутренней периферии. С другой стороны, периферия в силу своей консервативности является своеобразным буфером между провинциальными городами и мегаполисами, замедляя или вовсе гася новации (в том числе и деструктивные) из последних [8].

А.В. Костромицкая справедливо отмечает, что «социокультурные пространства и сообщества малых городов отличны от больших, в первую очередь, особенностями образа жизни, предпочтениями досуга; архитектура пространства и занятости влияют на близость к природе; хронотоп характеризуется близостью, неторопливостью, размеренностью; почти коллективный способ жизнедеятельности – близкими родственными связями и большим кругом знакомых; относительно низка преступность в пределах соседства» [4, с. 23].

Мы определяем социокультурное пространство города как систему и среду социально-культурных отношений и взаимодействий, чья функция состоит в реализации культурных интересов и потребностей акторов (жителей и приезжих), усиливая при этом социальную ткань города [10]. «Достройка» социокультурного пространства, повышение внешней аттрактивности малого провинциального города может осуществляться за счёт выполнения оригинальных социальных практик, событийного туризма. На этом пути возможны различные варианты.

Например, провинциальный город может рассматриваться (и презентовать себя) как *медленный город*. В зарубежной литературе медленный город воплощает идеи медленной жизни (от медленной еды до медленного туризма), базирующейся на принципах устойчивого развития [8]. Такие города объединяет движение Cittaslow<sup>1</sup>. «Медленные» города сознательно позиционируют образ жизни в них как контрастный образу жизни населения в мегаполисах и несомой ими идеологии» [8, с. 17]. Неспешность течения жизни в малом городе предполагает большее внимание к архитектурной микро- и мезосреде, к

---

<sup>1</sup> См. сайт организации. URL: <http://www.cittaslow.org/>.

колористике города. Сочетание историко-культурных объектов, вписанных в естественный ландшафт, и замедленной уличной жизни и создаёт, на наш взгляд, образ исторического провинциального города.

Малый город для повышения своей аттрактивности, создания имиджа часто использует креативные практики, в частности, ремесленные. «В эпоху реплицирования культурных образцов особую ценность приобретает подлинность как уникальность производимого культурного артефакта, его укоренённость в исторической традиции» [11, с. 55].

Сама морфология малого города имеет большое значение как для создания его запоминающегося образа (особенно значимы орографические доминанты и прибрежные пространства), так и для организации туристской деятельности. В этой связи представляет интерес статья И.П. Смирнова, в которой анализируется внутренняя пространственная структура малых городов Центральной России [13]. Н.В. Бакаева и П.А. Симакова исследуют две базовые модели пространственной организации туристских кластеров в малых исторических городах России (от достопримечательности и от места проживания) [1]. Интересно, что в каких-то малых провинциальных городах (судя по личным наблюдениям) более-менее облагорожена только фасадная часть города с выставочными (посещаемыми) объектами, тогда как прочая может представлять собой ускоренно деградирующий локус. Особенно это характерно для внутривортовых территорий. Проблема, впрочем, известная, свойственная не только малым и не только историческим городам.

Обратим внимание, что рассматриваемые малые провинциальные города представляют собой дестинации, достаточно близко расположенные по отношению к городам-миллионерам и вполне могут являться т.н. «маршрутом выходного дня».

#### **Индекс аттрактивности малых провинциальных городов**

Объектом исследования выступили города людностью 25–40 тысяч жителей в Нижегородской, Ярославской, Владимирской, Ивановской областях и Республике Чувашия (очень примерно – в пределах треугольника Москва–Рыбинск–Нижний Новгород). В большинстве своём они тяготеют к Волге. Указанная людность города выбрана в силу того, что, хотя такие города относят по устоявшейся классификации к малым, тем не менее, это уже достаточно крупные города, чтобы являться значимыми узлами своих регионов, сосредотачивать социальную инфраструктуру. Кроме того, авторам хотелось опираться на личные впечатления, поскольку часть выбранных городов была посещена в ходе межзональной практики. Не все города из выбранных являются малыми историческими городами, часть была основана в XX веке.

В общем приближении уровень (степень) провинциальности выбранных городов обратен полученному значению индекса аттрактивности, но это касается прежде всего провинциальности в негативном её понимании, а не провинциальности как ресурса для развития города.

Основной задачей составления индекса было определить место того или иного рассмотренного города на карте провинциальной Ойкумены страны. Также для исследования было важно выяснить, имеет ли для уровня провинциальности расстояние до города-миллионера, а также насколько большую роль играет историко-культурное наследие.

Для оценки уровня провинциальности рассматриваемых городов рассчитан *индекс аттрактивности*, представляющий из себя сумму рангов по четырём показателям. По каждому из них проводилось ранжирование городов, затем ранги суммировались. По итогу, города, обладающие наименьшей суммой, оказываются наиболее аттрактивными.

Первым показателем является количество культурно-просветительских учреждений, что отображает богатство местной культуры, её разнообразие.

Вторым показателем является количество мероприятий, которые проводятся подобными учреждениями. Показатель позволяет оценить событийность городской жизни. При этом больше событий обычно проводится в городах, популярных среди туристов, и сами мероприятия также зачастую ориентированы на гостей города<sup>1</sup>.

Третьим показателем является количество поисковых запросов городов в сети «Яндекс»<sup>2</sup> из г. Москва, этим характеризуется заинтересованность столичных жителей в рассматриваемых городах. При расчёте данного показателя возник ряд проблем, связанных с топонимами некоторых городов. Например, количество запросов о Семёнове изначально оказывалось завышенным из-за того, что к выборке примешивались запросы об исторических личностях, носящих эту фамилию. Это приводило к необходимости уточнять запрос, что влекло за собой занижение значения показателя. Схожая проблема возникла с расчётом показателя для Ростова, так как значительная часть запросов относится к Ростову-на-Дону.

Последним показателем было выбрано количество сувенирных магазинов в городах<sup>3</sup>. Этот показатель можно использовать как маркер, характеризующий развитие туристской инфраструктуры в городе.

---

<sup>1</sup> Источник данных для первых двух показателей PRO.Культура.РФ. URL: <https://pro.culture.ru/>. Загл. с экр. яз. рус.

<sup>2</sup> Источник: Яндекс Вордстат. URL: <https://wordstat-2.yandex.ru>. Загл. с экр. яз. рус.

<sup>3</sup> Источник: 2ГИС [Электронный ресурс] URL: <https://2gis.ru/>. Загл. с экр. яз. рус.

Общие данные о выбранных для исследования городах представлены в табл 1.

Таблица 1

Основные данные о городах исследования и сумма рангов<sup>1</sup>

Город	Регион	Век основания	Численность населения
Вязники	Владимирская	17	36203
Киржач	Владимирская	14	27318
Тейково	Ивановская	17	31305
Фурманов	Ивановская	20	29715
Вичуга	Ивановская	20	30694
Кохма	Ивановская	17	30940
Кулебаки	Нижегородская	17	32184
Заволжье	Нижегородская	20	36736
Семенов	Нижегородская	17	25075
Городец	Нижегородская	12	28660
Богородск	Нижегородская	16	35608
Шумерля	Чувашия	20	26873
Алатырь	Чувашия	16	32365
Тутаев	Ярославская	15	39643
Ростов	Ярославская	9	27656
Переславль-Залесский	Ярославская	12	37738
Углич	Ярославская	10	32228

Собранная информация по городам была систематизирована в табл. 2. Также приведена сумма рангов (мы исключили частные ранги из-за громоздкости их добавления в таблицу).

<sup>1</sup> Источник: Мой город. URL: <http://www.mojgorod.ru/cities/index.html>. Загл. с экр. яз. рус.



Таблица 2

Данные для расчёта индекса и накопленная сумма рангов  
по городам исследования

Город	Количество памятников	Количество мероприятий за 2023 год	Количество запросов в поисковой сети Яндекс из Москвы за 2023 год	Количество сувенирных магазинов	Сумма рангов
Вязники	21	238	293152	3	23
Киржач	14	418	607706	10	17
Тейково	5	142	163080	2	44
Фурманов	6	124	231390	2	41
Вичуга	13	162	192580	3	32
Кохма	7	199	66179	6	40
Кулебаки	2	59	99311	2	53
Заволжье	12	108	92159	4	45
Семенов	19	115	16537	8	41
Городец	23	143	152338	10	30
Богородск	10	153	186580	13	32
Шумерля	7	306	110054	1	39
Алатырь	7	194	153852	1	40
Тутаев	21	633	232842	4	18
Ростов	14	587	454557	17	14
Переславль-Залесский	11	504	1410069	21	14
Углич	19	1248	679364	29	7

### Результаты и обсуждение

Сумма рангов, приведённая в табл. 2, показывает, что наибольшей аттрактивностью обладают *Углич*, *Ростов* и *Переславль-Залесский*. При этом *Углич* выделяется благодаря большому количеству мероприятий, что показывает высокую активность его жителей<sup>1</sup>. *Переславль-Залесский*, в свою очередь, выделяется благодаря количеству поисковых запросов, что говорит о его популярности среди туристов.

<sup>1</sup> Традиционно высокую активность местного сообщества высвечивает тот факт, что даже до революции в Угличе «...существовали, иногда сменяя друг друга, иногда параллельно, пять газет: «Угличанин», «Углические вести», «Голос угличанина», «Угличская мысль», «Угличский край» [3, с. 215].

Рассматривая полученные данные по регионам, можно выделить Ивановскую область и Республику Чувашию, в которых города обладают довольно низкими показателями. Города Ярославской и Владимирской областей, наоборот, имеют значения выше среднего. В Нижегородской области отмечается наибольший разброс значений, от самых низких до выше среднего.

Просматривается взаимосвязь между веком основания города и значением индекса: наиболее старые города обладают самыми высокими показателями. Ниже среднего оказываются все города, основанные в XVII веке и позднее. Единственным городом, основанным до XVII века и имеющим значение индекса ниже среднего, оказывается Алатырь.

Анализ значения показателя удалённости малого провинциального города от ближайшего города-миллионера и суммы рангов не показывает заметной взаимосвязи (см. рис 1).

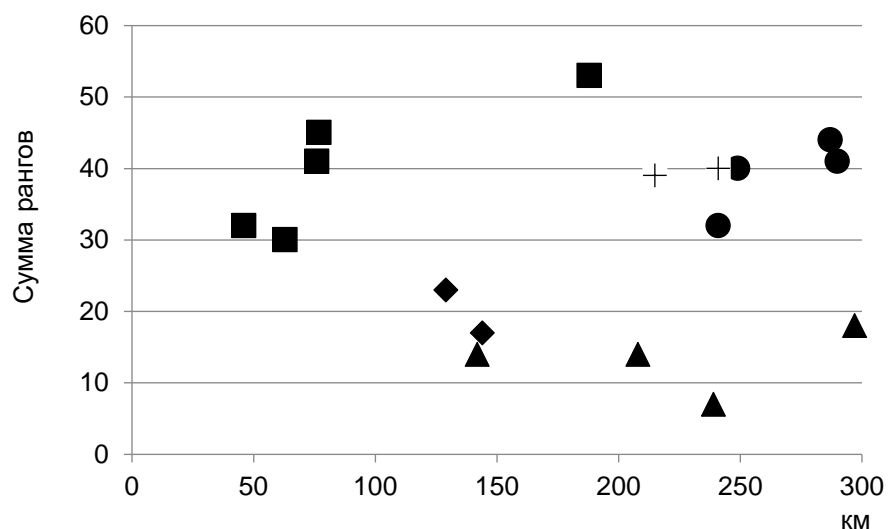


Рис. 1. Расстояние от ближайшего города-миллионера и значение суммы рангов (ромбами обозначены города Владимирской области, кругами – Ивановской, квадратами – Нижегородской, крестами – Республики Чувашия, треугольниками – Ярославской области)

Интересна визуально фиксируемая кластеризация городов по своим регионам. Из рис. 1 видно, что за исключением Кулебак, города одного региона обладают приблизительно сходным значением индекса. Это может свидетельствовать об эффективности или неэффективности действий, направленных на повышение привлекательности городов на региональном уровне.

Помимо учтённых в индексе показателей, на аттрактивность города так же оказывает влияние его положение относительно крупных

путей сообщения. Зачастую города с высокими значениями суммы рангов (Переславль-Залесский, Ростов) расположены на дорогах, связывающих между собой столицы субъектов. Наименьшие значения индекса присущи городам, удалённым от крупных трасс (Алатырь, Кулебаки). Однако трудно утверждать, что размещение города относительно дорожной сети является причиной провинциальности города. Вполне возможна ситуация, в которой именно из-за низкой аттрактивности города через него не было построено никаких значимых путей.

Дискуссионным вопросом является разграничение внешней и внутренней аттрактивности города. Под первой, туристской привлекательностью следует понимать «...возможности городской системы притягивать к себе позитивное внимание посетителя (жителя, экскурсанта, туриста), благодаря существующему туристско-рекреационному потенциалу (ресурсам) и созданной туристско-рекреационной среде» [7, с. 53]. Однако, в то время как посетитель города может находить привлекательным наличие широкого выбора заведений общественного питания, экскурсий и музеев, житель города может этими благами не пользоваться вовсе. Таким образом, у туристов и у жителей может формироваться различное представление о городе. Соответственно, непривлекательный для туристов город может обладать относительно высокой внутренней аттрактивностью, если оказывается приятным для своих жителей.

С этих позиций интересно рассмотреть количество и характер проводимых мероприятий. Так, в одних случаях мероприятия в основном ориентированы на приезжих (экскурсии, фестивали, выставки и т.д.). Однако в других случаях больше оказывается «маленьких» событий, вроде литературных чтений в местной библиотеке или детского представления – именно в таком случае можно говорить о том, что город аттрактивен в первую очередь для своих жителей, а не для туристов.

Предлагаемый индекс аттрактивности только в некоторой, далеко не полной мере способен продемонстрировать различия в уровне внешней открытости города. Его следует дополнить развёрнутыми интервью как с жителями самих городов, так и с туристами, посетившими их.

Желание получить своеобразную ренту историко-культурного наследия путём эксплуатации его объектов усиливает внешнюю аттрактивность города, но, очевидно, нарушает образ жизни местного населения. Не всё это связано с туризмом. Как отмечает А.В. Костромицкая, малым городам необходимы «...культурные практики сохранения и актуализация городской мифологии, фольклора, иного нематериального культурного наследия; организация арт-площадок для местных художников, музыкантов, актеров; создание

пространств для креативных мастерских от летних школ до волонтерских инициатив» [4, с. 23]. Развитие креативных практик, ориентированных на приезжих, необходимый, но вряд ли достаточный элемент для успешного развития города.

Возможным решением со стороны малых городов здесь будет перейти от предложения «моментальный снимок на фоне церкви плюс сувенир» к формату «почувствуй размеренный ход жизни», т.е. предложение задержаться в городе.

### **Выводы**

Проделанная работа позволила предложить методику оценки attractiveness города, как своего рода оборотной стороны его провинциальности. Согласно полученным значениям интегрального индекса провинциальности, наибольшей attractiveness в выбранном диапазоне людности обладают города Ярославской области, однако, их лидерство далеко небесспорно. Актуализация понятия провинциальности позволит более взвешенно подходить к выработке моделей развития малого города.

Малые провинциальные города, взятые вместе, являются представителями русской провинциальной Ойкумены. Но реальный провинциальный быт, уличные практики во многом утеряны.

Сохраняется образ провинции. Где-то он популяризируется, коммерциализируется и неизбежно упрощается, где-то он исчезает, уничтоженный маргинальными проявлениями общественного пространства. Регулярная диагностика внутренних социокультурных пульсаций и внешнего интереса к малым городам позволит отслеживать такие процессы.

### **Список литературы**

1. Бакаева Н. В., Симакова П. А. Модель пространственной организации туристических кластеров в малых исторических городах России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 1. С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.21869/2311-1518-2023-41-1-16-28>.
2. Злотникова Т.С. Провинциальный дискурс русской культуры // Философские науки. 2019. Т. 62. № 11. С. 14–26. URL: <https://doi.org/10.30727/0235-1188-2019-62-11-14-26>.
3. Ерохина С.В. Периодическая печать малого провинциального города в начале XX в. (на примере г. Углича Ярославской губернии) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2013. № 5 (121). С. 214–218.
4. Костромицкая А.В. Повседневные коммуникативные практики в социокультурном пространстве малых городов России // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. 2022. № 2. С. 20–27.

5. Маисеева Е.В. Граффити провинциального города (коммуникативный подход) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. 2013. Т. 13. № 1. С. 41–46.
6. Макарецва Л.В., Преображенский Ю.В. Хронотоп города в туристическом пространстве страны (на примере г. Саратова) // География и туризм. 2019. № 1. С. 183–188.
7. Мышлявцева С.Э., Меркушев С.А., Ланин В.В. Методика оценки туристской привлекательности малых и средних городов (на материалах Пермского края) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2023. № 5. С. 52–64. URL: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.6>.
8. Преображенский Ю. В. «Медленные» и «быстрые» города: специфика и модели развития // Социология города. 2020. № 1. С. 16–25.
9. Преображенский Ю.В. Пространственная маргинализация: подходы и уровни исследования // Вестник ТвГУ. Сер. «География и геоэкология». 2020. Выпуск № 2 (30). С.5–12. URL: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2020-2-5-12>.
10. Преображенский Ю.В. Создание социокультурных ценностей: проблема локализации в городском пространстве // Вестник ТвГУ. Серия «География и геоэкология». 2020. № 4 (32). С.60–68. URL: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2020-4-60-68>.
11. Пространственное развитие малых городов: социальные стратегии и практики: [монография] / М. Ф. Черныш, В. В. Маркин [и др.]; отв. ред. М.Ф. Черныш, В. В. Маркин; предисл. М. К. Горшков; ФНИСЦ РАН. М.: ФНИСЦ РАН, 2020. 523 с. URL: <https://doi.org/10.19181/monogr.978-5-89697-335-5.2020>.
12. Родоман Б.Б. Российская внутренняя периферия // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 4. С. 139 URL:147.
13. Смирнов И.П. Пространственная структура малых городов: подходы к типологии (по материалам Центральной России) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2023. № 2. С. 22–35. URL: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.3>.

*Об авторах:*

ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Юрий Владимирович – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономической и социальной географии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, e-mail: [topofag@yandex.ru](mailto:topofag@yandex.ru)), ORCID: 0000-0003-2774-0554, SPIN-код: 1437-7336.

ЧЕСНАКОВ Антон Александрович – студент 3-го курса ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (410012, г. Саратов,

ул. Астраханская, д. 83); e-mail: [amtonchesnak@yandex.ru](mailto:amtonchesnak@yandex.ru)), ORCID: 0009-0003-5708-1999.

## **SOME APPROACHES TO ASSESSING THE ATTRACTIVENESS OF SMALL PROVINCIAL TOWNS**

**Yu.V. Preobrazhenskiy, A.A. Chesnakov**

Saratov State University, Saratov

The article examines the category of the province and its features. Small provincial towns are singled out as the main object of research. Their current state is considered from the position of balancing between the creation of attractiveness at the natural and informational level and the opposition to the negative processes of marginalization and socio-cultural degradation in general. The strengths and weaknesses of some models of provincial urban development are analyzed. A methodology for calculating the index of attractiveness of cities is proposed, which is tested on data from 17 small towns in five Russian regions. The possibilities of developing small towns based on a tourist resource are discussed.

**Keywords:** small town, provincial town, slow town, attractiveness of the city, marginalization, province.

Рукопись поступила в редакцию 02.03.2024

Рукопись принята к печати 04.03.2024

**Контактные данные редакционной коллегии:**

170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3, корп. 2, каб. 101.

Тверской государственный университет

телефон/факс: +7 (4822) 77-84-17;

главный редактор – Яковлева Светлана Ивановна (89157256091);

Yakovleva.SI@tversu.ru

зам. главного редактора – Тихомиров Олег Алексеевич (89109318323)

Tikhomirov.OA@tversu.ru

отв. секретарь – Кравченко Павел Николаевич (89036959913)

Kravchenko.PN@tversu.ru

Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология № 1 (45), 2024

Подписной индекс: 85719 (интернет-каталог «Пресса России»)

Подписано в печать 15.03.2024. Выход в свет 19.03.2024.

Формат 70 x 108 1/16. Бумага типографская № 1.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,31.

Тираж 500 экз. Заказ № 45.

Издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет».

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33.

Отпечатано в издательстве Тверского государственного университета.

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, Студенческий пер., д. 12, корпус Б.

Тел.: +7 (4822) 35-60-63. Цена свободная