

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
репродуцирована без письменного разрешения издателя.*

© Тверской государственный
университет, 2023

VESTNIK

TVER
STATE
UNIVERSITY

Series: Geography and Geoecology

№ 1 (41), 2023

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, 2023

Содержание

Физическая география и геоэкология

Тихомиров О.А.

Основные этапы влияния Калининской атомной станции
на термический режим водоема-охладителя 5

Григорьева И.Л.

Влияние гидрометеорологических факторов на гидрохимические
характеристики Угличского водохранилища в летний период..... 16

Дорофеев А.А.

О соответствии охраняемых природных территорий
Австралии категориям Международного Союза Охраны Природы 26

Сурсимова О.Ю., Букина Ю.О.

Использование биологических чипов в детекции
микробиологической коррозии 39

Муравьева Л.В.

Распространение пожаров и их влияние на развитие природно-
антропогенных комплексов болота Васильевский Мох 47

Прокофьева Н.Б., Сергеев А.Р.

Воздействие полигона твердых коммунальных отходов «Славное»
на состояние атмосферного воздуха 56

Черемухин Д.Д., Тихомиров О.А., Муравьева Л.В.

Расчет выбросов автомобильного транспорта в атмосферный воздух
(на примере города Твери) 69

Социально-экономическая география

Лисенкова Т.И., Яковлева С.И.

Крупный портовый город: роль в структуре регионального
расселения 78

Картография и ГИС

Лазарев О.Е., Лазарева О.С., Джиджиков М.Д.

Анализ расположения сетей постоянно действующих
базовых (референчных) спутниковых станций на территории
Тверской области 90

CONTENT

Physical Geography and Geoecology

Tikhomirov O.A.

The main stages of the influence of the Kalinin nuclear power plant
on the thermal regime of the cooling reservoir.....5

Grigoryeva I.L.

Hydrometeorological conditions as the factor of formation of hydrochemical
regime of water of the Uglich reservoir in summer time16

Dorofeev A.A.

On the compliance of Australian protected areas with the categories
of the International Union for Conservation of Nature26

Sursimova O.Yu., Bukina Yu. O.

The use of biological chips in the detection of microbiological corrosion ..39

Muraveva L.V.

The spread of fires and their influence on the development of natural-
anthropogenic complexes of the swamp Vasilievsky Mokh47

Prokofieva N.B., Sergeev A.R.

The impact of the "Slavnoe" municipal solid waste polygon on the state of the
atmospheric air56

Cheremukhin D.D., Tikhomirov O.A., Muraveva L.V.

Calculation of automobile transport emissions into atmospheric air
(on the example of the city of Tver)69

Socio-economic geography

Lisenkova T.I., Yakovleva S.I.

Large port city: role in the structure of the regional
settling78

Cartography and GIS

Lazarev O.E., Lazareva O.S., Dzhidzhikov M.D.

Analysis of the location of satellite networks of permanent basic (reference)
stations on the territory of the Tver region90

Физическая география и геоэкология

УДК 550.4+574

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-5-15>

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЛИЯНИЯ КАЛИНИНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ НА ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ

О.А. Тихомиров

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Дан анализ термического режима водоема-охладителя за весь период существования Калининской атомной станции. Установлены основные этапы формирования гидротермического режима под влиянием воздействия теплых вод атомной станции.

Ключевые слова: *термический режим, тепловое воздействие, водоем-охладитель атомная станция, этапы влияния.*

Постановка проблемы

Калининская атомная станция – крупнейший производитель электроэнергии в Центральной части России. На долю станции приходится 74% всей вырабатываемой электроэнергии в Тверской области [1].

Строительство Калининской АЭС сопровождалось созданием водоема-охладителя (Удомельского водохранилища) за счет перекрытия плотиной р.Съежи. Искусственный водоем, включающий два плеса (оз.Удомлю и оз. Песьво) используется с целью технического водоснабжения и в качестве поглотителя тепла.

Система мониторинга, направленная на оценку воздействия АЭС на водные экосистемы региона, существует более 35 лет, включает 12 гидрологических створов, на каждом из которых от 3 до 7 пунктов наблюдения. Полученные за этот срок данные позволяют выявить изменения термического режима озер Песьво и Удомля, связанные с пуском в строй атомной электростанции.

Целью работы является обобщение полученных данных и установление изменений термического режима водоема-охладителя за срок существования Калининской атомной станции.

В настоящей работе использованы фондовые материалы по экологическому мониторингу окружающей среды в районе Калининской атомной станции, материалы Министерства природных ресурсов и

© Тихомиров О.А., 2023

экологии Тверской области и Тверского областного центра мониторинга окружающей среды [1, 2, 6, 7].

Результаты исследования

До пуска в строй АЭС гидрометеорологические наблюдения проводились на водомерных постах, расположенных на озерах Песьво, Удомля, Наволок, Кезадра, а также устьевых участках малых рек (Тихомандрица, Овсянка) и истока р. Съежа.

В этот период озера находились в естественных условиях и характеризовались типичным для региона гидротермическим режимом, с четко выраженной сезонностью. Основную роль в формировании температурного режима озер до начала строительства АЭС играли климатические условия. С конца октября и до начала апреля на озерах наблюдался устойчивый ледяной покров.

Среднемноголетние значения температуры поверхностного слоя воды ($^{\circ}\text{C}$) в летние месяцы в течении 10 лет, предшествующих введению в строй АЭС, в озерах Песьво и Удомля составляли $18,5 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$ и $18,3 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Пределы колебаний среднемноголетних температур воды не превышали соответственно $21,8 - 27,0^{\circ}\text{C}$ и $23,2 - 26,8^{\circ}\text{C}$ (табл.1). При этом в фоновых озерах Наволок и Кезадра эти параметры укладывались в показатели $18,3 - 19,0 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ и $22,4 - 28,6^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1

Среднемноголетние и максимальные значения температуры поверхностной воды ($^{\circ}\text{C}$) в летние месяцы в водных объектах Удомельского района до строительства Калининской АЭС [1,6]

Показатель	Озера		Реки		
	Наволок	Кезадра	Съежа	Тихомандрица	Овсянка
Средняя многолетняя температура, $^{\circ}\text{C}$	$19,0 \pm 1,7$	$18,3 \pm 1,6$	$18,2 \pm 2,1$	$18,7 \pm 1,5$	$16,4 \pm 1,3$
Диапазон максимальных значений температур, $^{\circ}\text{C}$	22,4-28,6	24,0–27,4	22,1 – 26,1	23,6– 27,4	21,3– 23,2

1-й этап. С пуском первого энергоблока атомной станции термический режим озер Песьво и Удомля претерпел существенные изменения. Период с 1984 по 1986 гг. следует определить, как переходный с неустановившимся температурным режимом. На этом этапе шло становление гидрологического и термического режима водоема-охладителя.

После пуска первого блока АЭС в 1984 г. естественный гидрологический режим озер претерпел значительные изменения. Созданное водохранилище стало осуществлять регулирование стока с поддержанием нормального подпорного уровня нового водоема 156,25 м БС. Подъем уровня воды привел к некоторому увеличению площади водного зеркала. Затопление части береговой зоны обеспечило формирование мелководных аквальных комплексов с присущими для литорали особыми температурными условиями.

При сбросе сточных вод температура воды в водоеме-охладителе не должна превышать более чем на 5°C по сравнению с естественной, с общим повышением температуры не более чем до 20°C летом и 5°C зимой (для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы) [1].

В этот период сточные воды АЭС поступали в основную часть оз. Песьво, разогревая водную массу. Процесс остывания шел медленно, температура воды в среднем понижалась всего на 0,5 – 1,0°C и водоем в целом ощущал существенный перегрев в летнюю межень, даже в своей глубоководной части в условиях пелагиальных аквальных комплексов. В результате теплового воздействия станции в зимнее время стали проявляться нарушения ледяного покрова.

2-й этап. В 1986 г. вошел в строй 2-й блок АЭС и факторы воздействия на термический режим водоемов-охладителей приобрели ежегодную относительную стабильность.

Антропогенное воздействие на термический режим водоема в этот период определялось, прежде всего, сбросными водами двух блоков АЭС, максимальный расход которых достигал 350 000 м³/час. После охлаждения агрегатов теплые воды поступали в юго-восточную часть акватории оз. Песьво. Кроме того, в водоем сбрасывались хозяйственно-бытовые сточные воды (выпуск №1) г. Удомля. Важно отметить, что в этот период теплые воды АЭС в оз. Удомля не сбрасывались [1].

Становление уровня режима водохранилища и цикла работы 2-х блоков АЭС сопровождалось стабилизацией гидротермического режима водоема-охладителя. В этот период разогретые воды по сбросному каналу поступали в оз. Песьво. Поэтому особенностью второго этапа формирования термического режима водоема-охладителя является высокая тепловая нагрузка на мелководный плес этого озера. Здесь термика водной массы существенно отличалась от термического режима фоновых озер Удомельского района. Было установлено, что максимальное тепловое воздействие в течение всего года ощущала в основном южная часть плеса. Особенно сильно изменился термический режим водной массы в зимнюю межень. Здесь норматив (+8°C) по среднемесячным показателям превышался на 2–3°C. В летнюю межень температуры приближались к нормативным, однако в отдельные периоды могли достигать +29–30°C и более градусов [1, 3].

Анализ полевых наблюдений показал, что произошло изменение сезонного хода температуры воды. Зимой практически вся акватория оз. Песьво не замерзала. Средняя температура воды в зимнюю межень составляла $8,2 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$, а в летнюю межень – $25,6 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$. Наиболее высокие температуры в течение года наблюдались в юго-восточной части озера.

В контрольном створе выпуска теплых вод АЭС зимой температура воды в среднем составляла $11,1 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$, что выше установленного норматива. Летом средняя температура в этом створе составляла $28,2 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$, что выше, чем температура поверхностного слоя воды в оз. Наволок ($20,2 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$). Максимальные значения температуры воды находились в диапазоне от $30,4$ до $35,4^{\circ}\text{C}$ [1, 3, 4, 5].

Годовой ход температуры на большей части акватории плеса оз. Удомля был близок к озерам-аналогам. В этот период озеро находилось под относительно слабым отепляющим воздействием станции. В зимнюю межень среднемесячные температуры воды в среднем составляли $+4,8^{\circ}\text{C}$, а летом были существенно ниже ($15\text{--}20^{\circ}\text{C}$), чем в оз. Песьво. В целом термический режим оз. Удомля был близок к термическому режиму фоновых озер региона.

Глубокая перестройка теплового режима проявилась в формировании в водохранилище трех зон с водными массами, разного уровня разогрева: сильного, умеренного и слабого, с проявлениями температурных различий как в поверхностных, так и придонных слоях воды (табл. 2, 3) [1, 4, 5]. Максимальный перегрев был приурочен к юго-восточной части плеса оз. Песьво в районе сброса сточных вод. Залив в этой части водоема оказался в условиях умеренного, а остальная акватория в области слабого воздействия. В зоне сильного влияния температура поверхностных вод изменялась от $21,4$ до $24,3^{\circ}\text{C}$, в зоне умеренного влияния от $18,2$ до $21,6^{\circ}\text{C}$ и слабого влияния – от $16,2$ до $17,9^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры за 5 лет в протоке между озерами достигали $27,5\text{--}32,4^{\circ}\text{C}$.

В летнюю межень температуры в контрольном створе составили за пять лет $28,3 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$, что на $3,7^{\circ}\text{C}$ выше, чем средняя температура воды в системе озер в целом ($24,5 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$). Максимальные же температуры в контрольном створе оз. Песьво достигали $30,4\text{--}35,4^{\circ}\text{C}$.

Особенно заметно изменение температурного режима проявилось в зимнее время. В этот период значительная часть акватории оз. Песьво не замерзала, а средняя температура составляла $8,2 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$.

Наименьшее тепловое воздействие проявлялось в окраинных частях Удомельского водохранилища, удаленных от сбросного канала. Здесь температуры придонных слоев изменялись от $7,1$ до $10,9^{\circ}\text{C}$. Они были более чем на $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в условиях сильного воздействия АЭС. В средней зоне температурные колебания составляли $11,1\text{--}16,1^{\circ}\text{C}$

и самые высокие показатели температур воды отмечались в условиях сильного отопляющего влияния ($16,7 - 20,5^{\circ}\text{C}$).

Наиболее близкий к естественным условиям в этот период был температурный режим акватории оз. Удомля. В летнюю межень температура воды составляла здесь $21,9 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$. На глубинных участках установилась ярко выраженная температурная стратификация. В то же время в основной части оз. Песьво в течение всего года температурная стратификация была очень слабой.

Разогретые воды достигали р. Съежи, что привело к частичному изменению термического режима реки. В летнюю межень средняя температура воды в истоке стала составлять $22,0 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$, что примерно на 4°C выше, чем до строительства станции ($18,2 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$). В естественных условиях колебания средней температуры воды зимой в реке составляли $0,5 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$, а после введения в строй АЭС достигли $2,4 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ [1, 5].

Таблица 2

Среднегодовое и максимальные значения температуры поверхностной воды ($^{\circ}\text{C}$) в летние месяцы в Удомельском водохранилище [1, 3, 4, 5]

Показатель	Плеса Удомельского водохранилища	
	оз.Песьво	оз.Удомля
Средняя многолетняя температура	$18,5 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$	$18,3 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$
Пределы максимальных значений температур	$21,8 - 27,0^{\circ}\text{C}$	$23,2 - 26,8^{\circ}\text{C}$

Таблица 3

Диапазон изменения температуры воды в зонах термического влияния водохранилища-охладителя КАЭС

Слой воды	Диапазон изменения температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) в зонах теплового воздействия КАЭС		
Зона влияния	Сильного влияния	Умеренного влияния	Слабого влияния
Поверхностный слой, $^{\circ}\text{C}$	$21,4 - 24,3$	$18,2 - 21,6$	$16,2 - 17,9$
Придонный слой, $^{\circ}\text{C}$	$16,7 - 20,5$	$11,1 - 16,1$	$7,1 - 10,9$

3-й этап – становления термического режима в условиях 3-х блоков (с ноября 2004 г.).

С введением в эксплуатацию 3-го блока АЭС увеличился объем сбрасываемых вод в водохранилище. Анализ фондовых материалов свидетельствует о существенном воздействии АЭС на термический режим и экосистемы озер Удомля и Песьво.

Измерение температуры воды показало [1, 3, 4], что значительно возросла тепловая нагрузка. Так в мае 2005 г. температура воды в оз. Песьво в среднем увеличилась по сравнению с аналогичным периодом до пуска 3-го энергоблока на $7,4^{\circ}\text{C}$, достигая на отдельных участках 23°C . В оз. Удомля теплые воды проникали слабо и в летний период температурный режим озера определялся метеорологическими факторами и был близок к режиму в условиях работы 2-х блоков АЭС.

Особенностью этого периода является введение в строй двух испарительных градирен, деятельность которых направлена уменьшение тепловой нагрузки на водоем. При прохождении через градирни температура воды понижается на $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Кроме того, в 2006 г. была введена в эксплуатацию система распределения потока сбросных вод. Новая система включала 3 канала, отводящие теплые воды в озера Песьво и Удомля. При этом в оз. Песьво сбрасывалось около 30% сточных вод, а остальные – в оз. Удомля [6, 7].

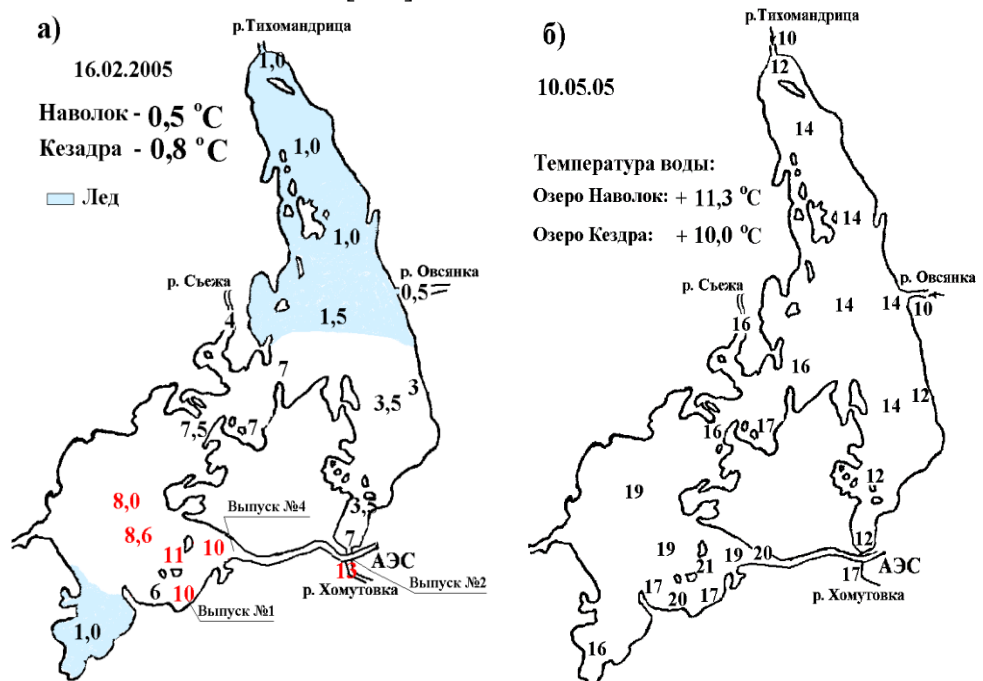


Рис. 1. Изменение температуры поверхностного слоя воды в водоеме-охладителе зимой (а), в паводок (б) 2005 г. [5, 6]

В 2005 г. температура поверхностного слоя воды зимой в контрольном створе выпуска вод АЭС и на большей части акватории оз. Песьво была выше $+8^{\circ}\text{C}$ ($8\text{--}11^{\circ}\text{C}$) (рис. 1). Исключение составляла покрытая льдом юго-западная часть водоема. В весенний паводок

температура воды здесь колебалась от +16 до 21°C, что более, чем на 5°C выше по сравнению с температурой поверхностного слоя воды в озерах-аналогах. В плесе оз. Удомля этот показатель изменялся от 12 до 17°C, а в оз. Кезадра составил +10°C.

Таким образом, анализ фондовых данных по температуре поверхностного слоя воды свидетельствуют о том, что этот показатель в месте выпуска сточных вод АЭС в оз. Песьво зимой значительно превышал нормативные требования [7]. Во время паводка температура воды на большей акватории плеса оз. Удомля также оказалась на 2–4 °C выше, чем в оз. Кезадра, что можно связать с поступлением теплых вод через протоку из оз. Песьво.

Температуры воды в плесе оз. Песьво при сбросе теплых вод АЭС существенно изменились и превышали нормативные требования в зимний период. При этом изменения захватили всю массу водной среды водохранилища.

За период эксплуатации АЭС гидротермический режим в месте истока р. Съежи претерпел заметные изменения. До строительства станции колебания многолетней температуры воды зимой в среднем составляли $0,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$, а в течение периода 2000–2005 гг. – $2,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$. За пять лет средняя температура воды летом в истоке Съежи составляла $2,0 \pm 2,3^\circ\text{C}$, что примерно на 4°C выше норматива.

Наиболее заметные изменения в оз. Удомля отмечены в районе протоки, соединяющей его с плесом Песьво. Северная часть озера осталась в условиях близких к естественному режиму.

Итогом введения в строй 3-го блока АЭС, градирен и новой системы водоотведения стало незначительное снижение средних температур воды в оз. Песьво и заметный подъем температур в оз. Удомля, превышающий в зимний период допустимые значения [5].

4-й этап. Современный термический режим Удомельского водохранилища формируется под воздействием 4-х энергоблоков АЭС. В промышленную эксплуатацию 4-й блок принят в сентябре 2012 г.

В настоящее время все четыре блока АЭС работают на уровне 104% от номинальной тепловой мощности. Эксплуатация станции на повышенном уровне мощности позволяет вырабатывать дополнительный объем электроэнергии. Одновременно проведены необходимые работы по соблюдению требований безопасности на предприятии [6, 7].

В этот период основным антропогенным фактором в водоеме продолжает оставаться тепловое загрязнение. Вода при охлаждении агрегатов нагревается на 8–10°C, направляется в сбросный канал, где на открытом воздухе понижает свою температуру на 0,5–1,0°C. Затем вода проходит через градирни и охлаждается еще на 5–7°C, после чего сбрасывается в оз. Песьво [4, 5]. Далее теплые воды за счет течений

проходят через акваторию и поступают в оз. Удомля, несколько изменяя термический режим центральной части озера (рис. 2). Окраинные участки водоема-охладителя менее значительно прогреваются за счет сточных вод. Наименьшее влияние тепловых сбросов проявляется в аквальных комплексах заливов южной части акватории оз. Песьво и северной части оз. Удомля.

Повышение температуры воды в водоеме-охладителе по сравнению с естественной в наиболее жаркую декаду составляет более 6°C, что говорит о значительной степени нагрева воды.

Для целей снижения температуры в 2011 г. был создан канал в верховьях оз. Удомля, что позволило увеличить длину пути водного потока по акватории для усиления процесса охлаждения [4, 5, 7]. Тем не менее, вода в районе протоки (в период с 2011 по 2020 гг.) продолжает иметь более высокие температуры, чем в естественных условиях, прежде всего, это наблюдается в зимние месяцы года.

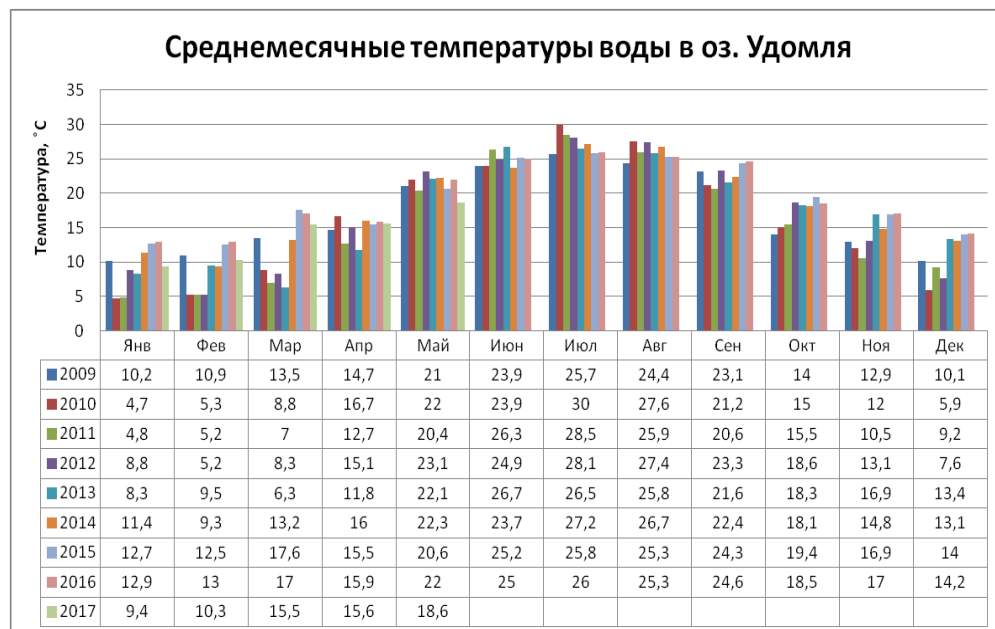


Рис. 2. Среднемесячные температуры воды в плесе оз. Удомля

Наблюдения показали, что при работе 4-х блоков произошло изменение зон влияния в пределах озер-охладителей. В поверхностном и придонном слоях воды развилась новая зона отепляющего воздействия в юго-западной части и частично северной части оз. Удомля. Увеличилась зона умеренного разогрева в месте, прилегающем к участку сброса вод градиерен в центральной части плеса и в юго-западной части озера. При этом существенного роста температур на основной акватории озера не произошло.

Наблюдается незначительное повышение температурных показателей в зоне слабого воздействия. В глубоководных слоях сохраняется температурная стратификация близкая к естественной. Выявлено сокращение площади сильного подогрева поверхностных и придонных вод в плесе оз. Песьво. В то же время сохраняются условия для образования полыньи в зимнее время, часть акватории остается свободной ото льда за счет поступления теплых вод.

Выводы

Таким образом, за срок существования Удомельского водохранилища выделяются 4 этапа формирования температурного режима водоема-охладителя Калининской АЭС.

Первый этап связан со строительством плотины на р. Съеже, созданием водохранилища и становлением нового гидрологического режима водоема. Изменение уровня режима, затопление части береговой зоны привело к формированию мелководных аквальных комплексов с присущим им особым температурным режимом. На этом этапе начинаются первичные изменения термического режима основного объема водохранилища, связанные с началом работы первого энергоблока АЭС и поступлением потока подогретой воды в водоем-охладитель.

Второй этап формирования термического режима водоема-охладителя определялся высокой тепловой нагрузкой на мелководное оз. Песьво за счет воздействия двух блоков станции. В это время наблюдались существенные отличия термического режима водоема от фоновых озер региона по сезонам. В пределах водохранилища сформировались 3 зоны (сильного, умеренного и слабого) влияния теплых вод. При этом максимальное тепловое воздействие в течение всего года ощущала южная часть озера Песьво. Особенно сильно изменился термический режим в зимнюю межень. По среднемесячным показателям норматив превышался на 2–6°C. Значительная часть озера Песьво перестала покрываться льдом.

На третьем этапе после ввода в строй 3-го блока АЭС изменения усилились. Температура воды в плесе оз. Песьво при сбросе теплых вод АЭС стала существенно превышать нормативные требования, особенно в зимний период. Проявились заметные изменения температур водной массы плеса оз. Удомля в районе протоки, соединяющей его с оз. Песьво. Северная часть акватории оз. Удомли осталась в условиях близких к естественному режиму.

На четвертом этапе современный термический режим водоема-охладителя формируется под влиянием 4-х энергоблоков. Новые условия привели к перераспределению зон теплового воздействия в водоем-охладителе. Произошло некоторое сокращение площади сильного подогрева на акватории оз. Песьво. Одновременно, появилась новая зона

теплых вод в юго-западной и частично северной частях оз. Удомля и увеличилась зона умеренного теплового воздействия в юго-западной части озера.

Список литературы

1. Анализ и обобщение данных полевых наблюдений на озерах-охладителях КЛНАЭС за 1992-1994 гг. // Текущая гидролого-экологическая оценка состояния озер Песьво и Удомля и выявление неблагоприятного воздействия на здоровье населения применительно к задачам эксплуатации 1-ой очереди КЛНАЭС. СПб: ГГИ, 2001. 345 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2019 году». Тверь: МПРИЭ Тверской области. 2020. 179 с.
3. Печкуров А.В. Материалы обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии. Эксплуатация энергоблока №4 Калининской АЭС в 18-месячном топливном цикле на уровне мощности реакторной установки 104% от номинальной, книга 2. Удомля–Тверь. 2017. 572 с.
4. Сушко В.А. Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока №2,3 Калининской АЭС на мощности реакторной установки 104% от номинальной. Удомля–Тверь, 2013. 333 с.
5. Сушко В.А. Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока №1 Калининской АЭС на мощности реакторной установки 104% от номинальной. Удомля–Тверь, 2014. 415 с.
6. Отчет об экологической безопасности за 2017 год // Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Калининская атомная станция». Удомля–Тверь: ПолиПРЕСС. 2017. 36 с.
7. Отчет по экологической безопасности за 2018 год // Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Калининская атомная станция». Удомля–Тверь: ПолиПРЕСС. 2019. 48 с.

Об авторе:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: tikhomirova@mail.ru) ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

THE MAIN STAGES OF THE INFLUENCE OF THE KALININ NUCLEAR POWER PLANT ON THE THERMAL REGIME OF THE COOLING RESERVOIR

O.A.Tikhomirov

Tver State University, Tver

The analysis of the thermal regime of the cooling reservoir for the entire period of existence of the Kalinin nuclear power plant is given. The main stages of the formation of the hydrothermal regime under the influence of the influence of warm waters of the nuclear power plant are established.

Keywords: *thermal regime, thermal effect, cooling pond, nuclear power plant, stages of influence*

Рукопись поступила в редакцию 12.01.2023

Рукопись принята к печати 20.01.2023

УДК 556.555.6

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-16-25>

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД¹

И.Л. Григорьева

Институт водных проблем РАН, Ивановская НИС, г. Конаково

Исследовано влияние водности и температуры воды на гидрохимические характеристики Угличского водохранилища в летний период. Отмечено, что в июне, с наибольшим количеством осадков, наблюдаются меньшие значения минерализации и большие значения цветности. При более высокой температуре воды отмечается явное увеличение значений БПК₅ и уменьшение концентраций нитратов.

Ключевые слова: Угличское водохранилище, водность года, температура воды, температура воздуха, сумма осадков, главные ионы, минерализация воды, биогенные элементы, органическое вещество, микроэлементы.

Введение и постановка проблемы

Формирование гидрохимического режима и качества воды водохранилищ происходит под влиянием физико-географических условий и антропогенных факторов. При нахождении водохранилища в каскаде, качество его воды определяется, прежде всего, химическим составом притока воды от выше расположенного водохранилища.

Для водохранилищ, как и для рек, характерна пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей, как межсезонная, так и межгодовая. Для водохранилищ сезонного регулирования важную роль играет величина сработки уровня воды. В летний период, при стоянии уровня воды возле НПУ, на первое место выходит температура воздуха [5].

Угличское водохранилище создано в 1939 г. Является второй ступенью Волжско-Камского каскада водохранилищ после Ивановского. Это крупный проточный водоем руслового типа и сезонного регулирования. Полный объем водохранилища при НПУ (113,0 м) составляет 1245 млн. м³, полезный объем – 809 млн. м³, площадь акватории – 249 км², длина – 146 км, средняя глубина – 5.0 м, максимальная глубина у плотины – 23 м, средняя ширина – 2,2 км, максимальная – 5 км.

© Григорьева И.Л., 2023

¹ Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН

Среднегодовое количество притока в водохранилище составляет около 10,06 км³, из Иваньковского водохранилища поступает примерно 71% от годового притока воды в водохранилище, 29% в водном балансе приходится на боковую приточность [9, 15].

Водохранилище используется для выработки электроэнергии на Угличской ГЭС, судоходства, водоснабжения и водоотведения таких городов, как: Дубна, Кимры, Калязин, Углич, а также рекреации. Объем сточных вод, поступающих с хозяйственно-бытовыми стоками гг. Дубна, Кимры, Калязин и пгт Белый Городок составляет примерно 12230 тыс. м³/год [4].

Гидрохимическая характеристика Угличского водохранилища в различные годы и сезоны представлена в работах [1, 2, 6, 8, 11–15]. Подробно описан гидрохимический режим Угличского водохранилища в зимний период, когда происходит сработка уровня воды, в [4]. Изменение показателей гидрохимического режима за многолетний период проанализировано в [13].

Цель работы – изучение влияния гидрометеорологических факторов, прежде всего, водности, температуры воздуха и температуры воды на гидрохимические характеристики Угличского водохранилища в летний период.

Для анализа использованы материалы гидрохимических исследований автора на Угличском водохранилище в конце июня 2015–2017 гг. Отбор проб производился из поверхностного горизонта по ГОСТ 3161–2012 [3]. В пробах воды определялись: главные ионы, цветность (Цв), перманганатная окисляемость (ПО), минеральные соединения азота и фосфора, железо общее, марганец, нефтепродукты (НП), микроэлементы (медь, цинк, хром, свинец), минерализация воды (М). Химический анализ проб воды производился в аккредитованной химической лаборатории Иваньковской НИС Института водных проблем РАН по аттестованным методикам.

Постоянные створы наблюдений Иваньковской НИС на Угличском водохранилище указаны на рис 1.

Качество воды оценивалось по отдельным показателям в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов [10]. Результаты химического анализа представлены в табл. 1–4.

Результаты исследования

Суммарный приток в Угличское водохранилище в 2015 г. составил 4,9 км³, в 2016 – 9,5 км³, а в 2017 г. – 17,5 км³, т.е. 2015 г. можно считать маловодным, 2016 г. – средним по водности, а 2017 г. – многоводным. В июне 2015 г. приток в Угличское водохранилище составил 378 млн. м³, в июне 2016 г. – 473 млн. м³, а в июне многоводного 2017 г. – 949 млн. м³. За июнь 2015 г. выпало 52 мм осадков, за июнь 2016

г. – 110 мм, а за июнь 2017 г. – 85 мм. Средняя температура июня 2015 г. и июня 2016 г. по метеостанции Кашин была практически одинакова, соответственно 16,1 и 16,0⁰С, а в июне 2017 г. она была ниже – 12,9⁰С. В период наблюдений уровень воды в водохранилище во все три года составлял 112,85–112,88 м, что близко к НПУ (113,0 м).



Рис. Основные створы наблюдений Иваньковской НИС ИВП
РАН на Угличском водохранилище:

1 – г. Дубна, ниже городского пляжа; 2 – Кимры, яхт-клуб «Два капитана»; 3 – г. Калязин, ниже очистных сооружений, 4 – д. Прилуки, 5 – Углич, верхний бьеф Угличской ГЭС

Поскольку рассматривались три смежных года, то допускалось, что антропогенная нагрузка на водоем в целом была одинаковой в каждый год, что позволяет рассмотреть только влияние водности и температуры воздуха и температуры воды на гидрохимические характеристики.

Значения температуры воды в точках отбора в 2015 г. колебались в интервале 20,3–20,9⁰С, а ниже очистных сооружений г. Калязина она составила 22,6⁰С. В июне 2016 гг. температура воды в точках отбора была немного выше, чем в 2015 г. и изменялась в интервале 21,2–22,1⁰С, а у г.

Кимры вода прогрелась до 24,1⁰С. В 2017 г. температура воды не измерялась.

Вода в водохранилище в периоды наблюдений была среднеминерализованная, гидрокарбонатно-кальциево-магниева, что согласуется с [2,13–14]. Диапазон изменения концентраций гидрокарбонатного иона составил 122–177 мг/дм³, сульфат-аниона – 11,7–20,2 мг/дм³, хлорид-аниона – 2,0–10,7 мг/дм³, иона магния – 7,8–11,2 мг/дм³, суммы концентраций ионов калия и натрия – 4,5–14,0 мг/дм³, минерализации воды – 191–275 мг/дм³. Отмечена межгодовая изменчивость концентраций главных ионов и минерализации воды, которая, очевидно, обусловлена влиянием водности.

Анализ изменения концентраций главных ионов и величины минерализации воды показал, что, во все три года и практически для всех ионов наблюдается снижение значений от входного к замыкающему створу (табл. 1). Наименьшие значения минерализации воды во всех створах наблюдений отмечались в июне 2016 г., когда выпало большее количество осадков, чем в июне 2015 и 2017 гг.

Таблица 1

Концентрации (мг/дм³) главных ионов и величина минерализации воды (мг/дм³) в створах наблюдений Угличского водохранилища в июне 2015–2017 гг.

Показатель	Год	Створ наблюдений				ПДК _{рх}
		2	3	4	5	
HCO ₃ ⁻	2015	177	146	146	146	–
	2016	140	140	–	122	
	2017	171	159	153	146	
SO ₄ ²⁻	2015	17,3	14,8	11,7	15,8	100
	2016	15,0	19,1	–	20,2	
	2017	21,3	15,6	16,8	15,2	
Cl ⁻	2015	10,7	5,7	5,7	6,9	300
	2016	4,0	3,3	–	2,0	
	2017	7,4	5,0	5,0	5,0	
Ca ²⁺	2015	41,7	37,3	36,1	36,9	180
	2016	35,3	35,3	–	30,5	
	2017	41,7	35,3	34,5	35,3	
Mg ²⁺	2015	11,2	8,3	9,2	11,2	40
	2016	7,8	8,7	–	8,3	
	2017	10,2	9,2	9,2	8,7	
Na ⁺ +K ⁺	2015	14,0	5,0	6,3	4,5	–
	2016	7,8	7,5	–	6,8	
	2017	13,8	13,8	13,0	9,8	
M	2015	275	221	217	224	1000
	2016	211	215	–	191	
	2017	267	239	233	222	

В жизнедеятельности водных организмов активно участвуют биогенные вещества, к которым относятся соединения азота (NH_4^+ , NO_3^{2-} , NO_2^-), фосфора (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), кремния (HSiO_3^- , SiO_3^{2-}) и железа (Fe^{2+} , Fe^{3+}) [7].

Концентрации биогенных веществ и марганца, определенные в пробах воды, отобранных в Угличском водохранилище в июне 2015–2017 гг. представлены в табл. 2.

Таблица 2

Концентрации (мг/дм^3) биогенных веществ и марганца в створах наблюдений Угличского водохранилища в июне 2015–2017 гг.

Показатель	Год	Створ наблюдений				ПДК _{рх}
		2	3	4	5	
PO_4^{3-}	2015	0,097	0,033	0,020	0,026	0,2
	2016	0,033	0,040	0,058	0,074	
	2017	0,170	0,084	0,093	0,122	
NH_4^+	2015	0,37	2,20	0,07	0,07	0,5
	2016	0,26	0,16	0,25	0,34	
	2017	0,25	0,24	0,19	0,27	
NO_3^{2-}	2015	1,20	0,51	0,74	1,30	45
	2016	0,21	0,24	0,32	0,72	
	2017	1,70	0,90	1,40	1,90	
NO_2^-	2015	0,025	0,008	0,011	0,014	0,08
	2016	0,007	0,014	0,005	0,026	
	2017	0,021	0,021	0,016	0,006	
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	2015	0,14	0,10	0,08	0,16	0,1
	2016	0,06	0,08	0,07	0,06	
	2017	0,13	0,08	0,13	0,11	
Mn^{2+}	2015	0,15	0,01	0,03	0,02	0,01
	2016	0,03	0,02	0,02	0,005	
	2017	0,03	0,02	0,01	0,01	

В период наблюдений концентрации фосфат-иона изменялись от года к году и от створа к створу существенно и варьировали в интервале от 0,020 до 0,170 мг/дм^3 . Концентрации нитратного и нитритного анионов были невелики и изменялись соответственно от 0,21 до 1,90 мг/дм^3 и от 0,005 до 0,026 мг/дм^3 . Концентрации иона аммония, в основном, варьировали в диапазоне от 0,07 до 0,37 мг/дм^3 , но в местах локального загрязнения могли возрасти до 2,2 мг/дм^3 (4 ПДК_{рх}).

Режим биогенных элементов зависит от температуры воды, которая определяет интенсивность жизнедеятельности организмов и процессы образования и разложения органического вещества [7], что и было подтверждено исследованиями на Угличском водохранилище. Так наибольшие концентрации фосфат-иона и нитратного аниона зафиксированы в более прохладное лето 2017 г., когда развитие

продукционных процессов в водохранилище было менее интенсивным, чем в теплые месяцы 2015 и 2016 гг. Диапазон изменения концентраций железа общего в воде Угличского водохранилища в июне всех трех лет был небольшим: 0,06–0,16 мг/дм³. Но наименьшие концентрации наблюдались в дождливое лето 2016 г.

Зафиксированные концентрации марганца составляли, в основном, 2–3 ПДК_{рх}, но иногда достигали и 15 ПДК_{рх} (табл. 2).

Содержание органического вещества в водохранилище определялось нами по косвенным показателям: цветности, перманганатной окисляемости и БПК₅.

Цветность воды Угличского водохранилища в исследуемый период практически не изменялась по створам и варьировала в диапазоне 40–60 град. Pt-Co шкалы (табл. 3). Наибольшие значения зафиксированы в более дождливый июнь 2016 г.

Таблица 3

Значения показателей органического вещества и концентрация нефтепродуктов в створах наблюдений Угличского водохранилища в июне 2015–2017 гг.

Показатель	Год	Створ наблюдений				ПДК _{рх}
		2	3	4	5	
Цветность, градусы Pt-Co шкалы	2015	43	45	35	40	–
	2016	60	60	60	60	
	2017	45	56	50	50	
ПО, мгО/дм ³	2015	13,2	12,4	13,1	11,1	–
	2016	13,4	12,8	12,5	13,4	
	2017	11,8	13,1	10,2	12,2	
БПК ₅ , мгО/дм ³	2015	3,0	2,1	1,1	1,4	2,1
	2016	5,5	3,1	3,1	2,2	
	2017	0,9	1,1	0,7	0,6	
НП, мг/дм ³	2015	0,01	0,06	0,06	0,05	0,05
	2016	0,07	0,06	0,07	0,06	
	2017	0,01	0,01	0,01	0,01	

Диапазон изменения перманганатной окисляемости в исследуемый период составил 10,2–13,4 мгО/дм³. Тесной зависимости от водности, как для цветности воды, не прослеживалось.

Наиболее высокие значения БПК₅ отмечались в более теплый июнь 2016 г. (табл. 3).

Зафиксированные концентрации нефтепродуктов (табл. 3) были на уровне или чуть выше ПДК_{рх}.

Из микроэлементов в воде водохранилища определялись медь, цинк, свинец и хром.

Концентрация меди в природных пресных водах колеблется от 0,002 до 0,030 мг/дм³ [7]. В воде Угличского водохранилища в период исследований концентрация меди изменялась от 0,001 до 0,011 мг/дм³ (табл. 4), что вполне соответствует значениям для незагрязненных водоемов.

В речных водах концентрация цинка обычно колеблется от 0,003 до 0,120 мг/дм³ [7]. В воде Угличского водохранилища в июне 2015–2017 гг. были зафиксированы концентрации в диапазоне от 0,014 до 0,152 мг/дм³ (табл. 4). Высокая концентрация цинка ниже г. Калязин в июне 2017 г. свидетельствует о локальном загрязнении на участке поступления сточных вод от города.

Таблица 4

Концентрации (мг/дм³) микроэлементов створах наблюдений
Угличского водохранилища в июне 2015–2017 гг.

Показатель	Год	Створ наблюдений				ПДК _{рх}
		2	3	4	5	
медь	2015	0,002	0,004	0,003	0,011	0,001
	2016	0,003	0,001	0,003	0,003	
	2017	0,004	0,010	0,003	-	
цинк	2015	0,018	0,021	0,023	0,041	0,01
	2016	0,014	0,014	0,023	0,018	
	2017	0,020	0,152	0,031	-	
свинец	2015	0,007	0,001	0,001	0,012	0,006
	2016	0,012	0,008	0,013	0,006	
	2017	0,006	0,006	0,017	-	
хром	2015	0,012	0,010	0,007	0,027	0,02
	2016	0,005	0,006	0,003	0,009	
	2017	0,002	0,002	0,001	-	

Концентрации свинца в природных незагрязненных водах незначительны (единицы микрограммов). Значительное повышение концентраций связано со сжиганием углей, применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов, химических производств, шахт и т.д. [7]. В воде Угличского водохранилища отмечаются концентрации свинца, превышающие ПДК_{рх}, что является свидетельством антропогенного воздействия, возможно из-за интенсивного движения судов.

Зафиксированные концентрации хрома в воде водохранилища, в основном, были значительно ниже ПДК_{рх}.

Выводы

Проведенные исследования позволили оценить современное состояние качества воды Угличского водохранилища в летний период в годы с различными гидрометеорологическими условиями.

Анализ гидрохимических характеристик показал, что наблюдается межгодовая изменчивость минерализации воды и концентрации главных ионов. Наименьшие значения минерализации воды были зафиксированы в июне дождливого 2016 г. В этот месяц вода водохранилища была более цветной, что очевидно связано с притоком цветных вод с водосбора в период дождей.

Наиболее высокие концентрации фосфатов и нитратов наблюдались в более прохладный июнь 2017 г. при низком развитии продукционных процессов, чем в более теплые месяцы 2015 и 2016 гг.

В июне 2016 г., когда вода в водохранилище прогрелась до более высоких температур, были зафиксированы более высокие значения БПК₅.

Таким образом, приток воды в водохранилище и количество выпавших осадков могут по-разному влиять на гидрохимический режим водохранилища.

При стабильном уровне воды в летний период на развитие продукционных процессов в водохранилище оказывает влияние, прежде всего, температура воздуха.

Выводы, сделанные в данной статье, являются предварительными и могут быть уточнены в ходе дальнейших исследований.

Список литературы

1. Волга и ее жизнь. Л.: Наука. 1978. 348 с.
2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища Верхней Волги/ под. ред. канд. геогр. наук З.А. Викулиной и канд. техн. наук В.А. Знаменского. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 291 с.
3. ГОСТ 3161-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». М.: Стандартиформ. 2013. 32 с.
4. Григорьева И.Л. Закономерности и факторы формирования зимнего гидрохимического режима Угличского водохранилища//Водное хозяйство России. 2020. № 2. С. 52–64.
5. Григорьева И.Л., Ковалышева Г.В. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование качества воды Иваньковского водохранилища в летний период//Метеорология и гидрология. 1995. №6. 107–114.
6. Дебольский В.К., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б. Изменение химического состава воды в Волге от истока к устью в летнюю межень 2009 года//Охрана окружающей среды и природопользование. 2011. №3. С. 68–73.
7. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат. 239 с.

8. Кудрявцев Д.Д. Сравнительная характеристика гидрохимического режима водохранилищ Верхней Волги: Ивановского, Угличского и Рыбинского//Труды биологической станции «Борок». №1. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР. 1950. С. 79–96.
9. Курдина Т.Н. Элементы гидрологического режима и водный баланс Угличского водохранилища//Труды Института биологии водохранилищ. – М.-Л.: Академии наук СССР, 1959. Вып. 2 (5). С. 231–245.
10. 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.
11. Современная гидрохимическая характеристика реки Волга и ее водохранилищ/В.К. Дебольский [и др.]//Вода: химия и экология. 2010 (29). С. 2–12.
12. Степанова И.Э. Гидрохимические показатели воды Угличского и Ивановского водохранилищ//Экологическая химия. 2018. Т. 27. №3. С. 156–165.
13. Тихомиров О.А. Динамика гидрохимических показателей воды Угличского водохранилища//Вестник Тверского государственного университета. Серия «География и геоэкология». 2022. №1(37). С. 14–21.
14. Трифонова Н.А. Гидрохимическая характеристика Угличского водохранилища по материалам 1955-1958 гг.//Труды Института биологии водохранилищ. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. №4(7). С. 321–327.
15. Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.

Об авторе:

ГРИГОРЬЕВА Ирина Леонидовна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник. Институт водных проблем Российской академии наук, Ивановская научно-исследовательская станция (171251, Тверская обл., г. Конаково, Белавинская, д. 61-А., e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru). ORCID: 0000-0003-2538-5931, SPIN-код: 1773-4053

HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS AS THE FACTOR OF FORMATION OF HYDROCHEMICAL REGIME OF WATER OF THE UGLICH RESERVOIR IN SUMMER TIME

I.L. Grigoryeva

Water Problems Institute of Russian Academy of Science, Konakovo

The influence of water content and water temperature on the hydrochemical characteristics of the Uglich reservoir in summer time was investigated. It was noted that in the month of June with the greatest amount of precipitation there was lower mineralization of water and higher chromaticity. At a higher water

temperature, there was an increase of biochemical oxygen demand and a decrease of nitrate concentrations.

Keywords: *Uglich reservoir, water content, water temperature, air temperature, precipitation amount, main ions, water mineralization, biogenic elements, organic matter, trace elements*

Рукопись поступила в редакцию 8.02.2023

Рукопись принята к печати 15.02.2023

УДК 502.4 (93)

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-26-38>

О СООТВЕТСТВИИ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АВСТРАЛИИ КАТЕГОРИЯМ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

А.А. Дорофеев

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Кратко описана классификация охраняемых природных территорий (ОПТ), предложенная в 1994 г. Международным Союзом Охраны Природы (МСОП). Особое внимание уделено положительному опыту использования категорий МСОП на Австралийском континенте. Проведено сопоставление многочисленных региональных названий ОПТ Австралии и классификационных категорий МСОП. В основе сравнения лежали принципы управления и характер использования охраняемой природной территорией. В таблицах приведены современные исходные данные и количественные результаты сравнительного анализа.

Ключевые слова: *Международный Союз Охраны Природы, охраняемая природная территория, национальный парк, памятник природы, заповедник, заказник, экологический туризм.*

Австралийский Союз – государство с хорошо развитой сетью охраняемых природных территорий (ОПТ). На континентальной территории и на островах, принадлежащих этой стране, располагается более 13 тысяч ОПТ международного, общегосударственного и регионального уровней. Яркой отличительной особенностью австралийской сети ОПТ является исключительное разнообразие типов охраняемых объектов и территорий. Только на региональном уровне (в штатах и территориях Австралии) насчитывается 54 типа ОПТ. Данная ситуация описана нами в 2022 г. в нескольких публикациях [3, 4]. В то же время, в наших статьях не затрагивался вопрос соответствия ОПТ Австралии категориям, предложенным в 1994 г. Международным Союзом Охраны Природы (МСОП). Задача настоящей работы – хотя бы отчасти ликвидировать этот пробел, проведя анализ использования категорий МСОП в практике организации и управления охраняемыми природными территориями в Австралийском Союзе. Полагаем, что результаты анализа будут полезны для сравнения австралийского опыта эколого-туристской деятельности с усилиями других государств (в т.ч. России), развивающих туризм на охраняемых природных территориях.

Классификация охраняемых природных территорий описана в разных аспектах во многих публикациях [2, 6, 7, 9 и др.]. Наиболее полно

© Дорофеев А.А., 2023

история ОПТ, опыт их систематики, проблемы применения классификации МСОП в разных странах мира, в том числе в Австралии, обсуждены в переводной монографии «Говорим на общем языке. Система охраняемых территорий МСОП и ее применение на практике», подготовленной коллективом авторов: К. Бишоп, Н. Дадли, А. Филлипс, и С. Столтон [1]. Авторы высоко оценивают успехи Австралийского Союза в деле внедрения классификации МСОП в практику формирования сети охраняемых территорий. Однако, даже в этой обстоятельной книге по понятным причинам (книга написана в начале XXI века) отсутствуют современные данные о количестве охраняемых природных территорий разных категорий МСОП на австралийском континенте. В настоящей публикации приведены данные о структуре ОПТ Австралии в рамках установленных категорий МСОП за 2021 г.

Система из шести категорий охраняемых природных территорий, различающихся по способу создания и задачам управления, была утверждена на рабочем заседании IV Конгресса охраняемых территорий в Каракасе (Венесуэла) в 1992 г., а в 1994 г. была опубликована и рекомендована к внедрению во всех странах, поддерживающих идеологию МСОП. В настоящее время данная система классификации ОПТ широко используется в мире. Утверждается, что идеи МСОП разделяют в 244 странах и территориях. Считается, что классификации МСОП – эффективный инструмент для приведения «к единому знаменателю» всего многообразия существующих внутри каждой страны особо охраняемых природных территорий. Данная система помогает понять различия и сходство ОПТ, независимо от принятой в конкретной стране терминологии. В то же время отмечается, что довольно часто наблюдаются трудности в стыковке предложенной системы с существующими национальными классификациями охраняемых природных территорий [1].

Напомним некоторые ключевые положения предложенных рекомендаций. Руководство, внедренное МСОП с 1994 г., дает определение охраняемой природной территории: *«Участок земли или водной поверхности, полностью или частично изъятый из хозяйственного использования с целью сохранения биологического разнообразия и природных и ассоциированных с ними культурных ресурсов, и управляемый юридическим или иным путем»*. Подобное определение универсально, так как подходит для всех шести категорий предложенных международной организацией [1].

Система категорий охраняемых территорий, применяемая МСОП с 1994 г., включая выполняемые ими функции, выглядит следующим образом:

I – строгая охрана, в т.ч. **Ia** – строгий природный резерват (заповедник) и **Ib** – участок дикой природы;

II – сохранение экосистем (национальный парк);

III – сохранение уникальных природных объектов (памятник природы);

IV – сохранение через управление (территория сохранения отдельных видов);

V – сохранение ландшафтов / морских акваторий и рекреации (охраняемый ландшафт/акватория);

VI – устойчивое использование природных ресурсов (участок устойчивого природопользования).

Перечень задач, которые могут решаться в границах охраняемой природной территории той или иной категории МОСП обычно представляют следующим образом – табл. 1.

Считается, что анализ материалов, на основании которых происходит отнесение ОПТ к определенной категории, является ключевой управленческой задачей. При этом, национальные наименования ОПТ, которые используются в разных странах и даже в разных регионах этих стран (как, например, в Австралии), могут быть различными.

Таблица 1

Задачи охраняемых природных территорий и категории МСОП

Задача	Категории						
	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
Научные исследования	1	3	2	2	2	2	3
Охрана дикой природы	2	1	2	3	3	–	2
Сохранение биоразнообразия	1	2	1	1	1	2	1
Предоставление экосистемных услуг	2	1	1	–	1	2	1
Сохранение природных и культурных ценностей	–	–	2	1	3	1	3
Туризм и рекреация	–	2	1	1	3	1	3
Образование и просвещение	–	–	2	2	2	2	3
Устойчивое природопользование	–	3	3	–	2	2	1
Сохранение элементов традиционной культуры	–	–	–	–	–	1	2

Условные обозначения: 1 – главная задача; 2 – второстепенная задача; 3 – одна из возможных задач; (–) – задача, не применимая к данной категории

Система таксонов предложенной классификации не является иерархичной, то есть все шесть категорий ОПТ одинаково важны для социума. Как видно из табл. 1, значимость категорий ОПТ для решения тех или иных задач не одинакова. Например, «национальные парки» (категория II) в первую очередь предназначены для туризма и рекреации,

для предоставления экологических услуг и для сохранения биоразнообразия. Во вторую очередь, «национальные парки» важны для образования и просвещения, сохранения природных и культурных ценностей, охраны дикой природы. Наконец, «национальные парки» в качестве возможной, но ограниченной, задачи могут выполнять функцию устойчивого природопользования.

Соотношение управленческих категорий МОСП и степени изменения естественных ландшафтов хорошо иллюстрирует рис. 1.

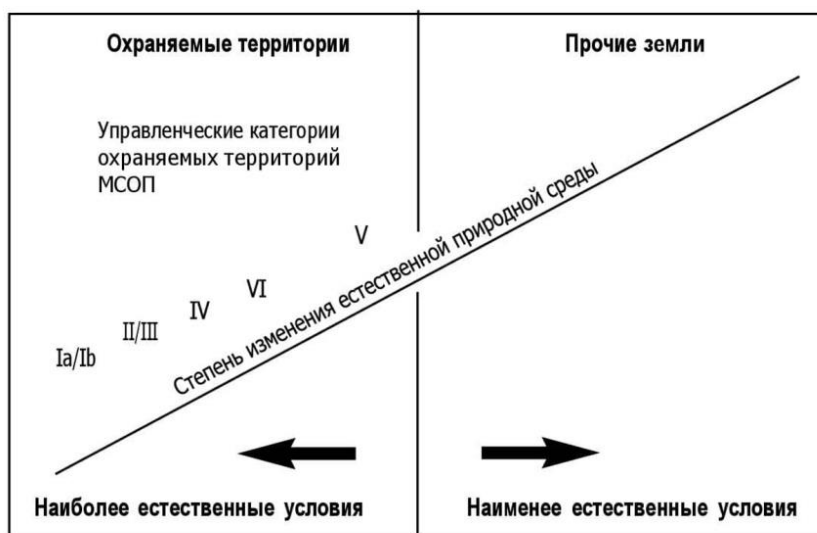


Рис. 1. Соотношение управленческих категорий МОСП и степени изменения естественной природной среды [1]

Специалисты признают, что Австралийский Союз является редким государством, в котором очень внимательно отнеслись к рекомендациям МСОП в отношении категорий охраняемых природных территорий. Здесь категории МСОП непосредственно включены в правовые документы, а в нескольких законодательных актах, как на уровне государства, так и на уровне штатов, имеются детальные ссылки на классификацию МСОП [1].

Еще во второй половине 1990-х годов Австралийское правительство призвало правительства отдельных штатов и территорий принять участие в разработке национальной стратегии использования системы категорий МСОП в практике создания ООПТ. Развернулась дискуссия о том, насколько австралийские охраняемые территории соответствуют международной практике и статусу «национальный парк». Обострилось соперничество между государственными структурами и органами управления отдельных штатов в связи с принадлежностью и эксплуатацией тех или иных

охраняемых территорий. Очень трепетно в Австралии отнеслись к проблеме учета и охраны объектов, являющихся культовыми памятниками аборигенной культуры. Был поставлен вопрос о разработке интегрального критерия природной красоты, биоразнообразия, уникальности, научной значимости и популярности у туристов, с помощью которого можно было бы относить охраняемые природные территории к различным категориям МСОП, в том числе называть их «национальными парками». Результатом подобных дискуссий стало соглашение между всеми штатами и территориями о подготовке специального документа – «Руководство по созданию национальной системы резерватов Австралии» («Guidelines for the establishment of Australia's National Reserve System»). Разработанное руководство в форме правительственного Акта вступило в действие в июле 2000 г.

В документе указано, что ОПТ должны классифицироваться на основе системы категорий МСОП. При этом, каждое ООПТ должно быть отнесено к одной из категорий классификации МСОП и управляться в соответствии с «Принципами управления резерватами Австралии» для данной категории. Предложенные Австралийские принципы во многом совпадают с критериями из Руководства МСОП от 1994 г. Акт также предусматривает возможность зонирования охраняемых природных территорий, указывая, что каждая выделенная зона может являться самостоятельной категорией МСОП. План управления любого ООПТ или даже одной его зоны должен быть согласован с этими принципами.

В Австралийском Союзе существует единая база данных по особо охраняемым природным территориям: информация в эту базу поставляется всеми организациями – собственниками ООПТ и располагается в ней в соответствии с категорией ООПТ по классификации МСОП. Впоследствии эти сведения передаются в базу данных «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet – Защищенная Планета), в которой собрана информация об ОПТ большинства стран и территорий мира.

В 2021 г. официальные данные из базы данных «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet), включающей информацию обо всех штатах и территориях Австралии, выглядят следующим образом (табл. 2). Как видно из таблицы в Австралии представлены все шесть категорий охраняемых природных территорий, рекомендуемых Международным Союзом охраны природы. В то же время есть некоторое количество ОПТ (284 объекта, 2,55 % от общего числа), которые по разным причинам (они указаны в таблице) не отнесены ни к одной из категорий МСОП.

Таблица 2

Количество ООПТ разных категорий МОПС в Австралийском Союзе
(<https://www.protectedplanet.net/country/AUS>), 2021 г.

№	Категории МСОП		Кол-во, ед.	Процент от общего кол-ва
1	Ia	Строгий природный резерват	2 541	22,79
2	Ib	Участок дикой природы	77	0,9
3	II	Национальный парк	1 154	10,35
4	III	Памятник природы	2 403	21,55
5	IV	Территория сохранения отдельных видов	2 862	25,67
6	V	Охраняемый ландшафт/акватория	365	3,27
7	VI	Участок устойчивого природопользования	1 463	13,12
8	Not Reported	Охраняемые территории, для которых Категория управления МСОП не известна	71	0,64
9	Not Applicable	Охраняемые объекты, для которых Категории управления МСОП не применимы (например, объекты Всемирного Наследия ЮНЕСКО)	19	0,17
10	Not Assigned	Управляющий охраняемой территорией решил не использовать Категории МСОП	194	1,74
	В с е г о		11149	100

Среди имеющихся ООПТ более трех четвертей составляют объекты трех категорий: «строгие природные резерваты» (в российской версии – заповедники), «территории сохранения отдельных видов» (в понимании отечественных специалистов – заказники) и «памятники природы». Примерно в равных пропорциях они составляют от 21,55% до 25,67% от общего количества ООПТ.

В свою очередь, крайне мало «охраняемых участков дикой природы» и «охраняемых ландшафтов». Их всего 0,9% и 3,27% от всего количества охраняемых территорий, представленных в таблице.

Промежуточную позицию занимают «национальные парки» – 10,35% и «участки устойчивого природопользования» – 13,12%.

В зависимости от типа управления в 2021 г. все включенные в базу данных ООПТ различались следующим образом – табл. 3.

Таблица 3

Типы управления ООПТ в Австралии (Governance types)
(<https://www.protectedplanet.net/country/AUS>)

	Тип управления		Кол-во объектов	Процент от общего кол-ва
1	Sub-national ministry or agency	Министерства отдельных штатов или территорий	7585	68,03
2	Joint governance	Совместное управление	1811	16,24
3	Individual landowners	Индивидуальные землевладельцы	1455	13,05
4	Not Reported	Не сообщается	81	0,72
5	Non-profit organizations	Некоммерческие организации	77	0,69
6	Indigenous peoples	Коренные народы	77	0,69
7	Federal or national ministry or agency	Федеральное (национальное) министерство	63	0,56
	В с е г о		11149	100

Таблица показывает, что подавляющее большинство ООПТ (более трех четвертей объектов) управлялась «представителями соответствующих Министерств (Департаментов) штатов или территорий» Австралии. Относительно велика доля ООПТ, находящаяся в «совместном управлении» или управляемая «индивидуальными землевладельцами».

Другие формы управления редки. Доля каждой из них в общем числе управляемых объектов не превосходит одного процента.

Следует указать на три важные особенности характерные именно для австралийского континента в области управления ООПТ. Во-первых, это очень небольшое число охраняемых природных территорий, находящихся в ведении Федерального (национального) правительства. По данным приведенной таблицы их всего 63, что немного отличается от информации, приведенной нами в другой публикации [5]. В любом случае это на порядок меньше, чем в других странах с развитой системой охраняемых территорий (США, Российская Федерация и др.).

Во-вторых, достоин уважения тот факт, что некоторые охраняемые природные территории (77 объектов) управляются

представителями общин аборигенов – племен коренных жителей австралийского континента. Эти ОПТ показаны на рис. 2. Хорошо видна четкая концентрация объектов, управляемых аборигенами, в центральной части материка. Несмотря на то, что таких территорий сравнительно немного, но, в то же время, почти каждая из них имеет большую по площади территорию. Подобные охраняемые природные территории вместе занимают 8,67 % площади страны, имея средние размеры одного объекта приближающиеся к миллиону гектаров – 889049 га [5]. Охраняемые природные территории, относящиеся к категории «совместное управление», обычно управляются правительствами штатов в тандеме с представителями общин аборигенов, проживающих на охраняемой территории.

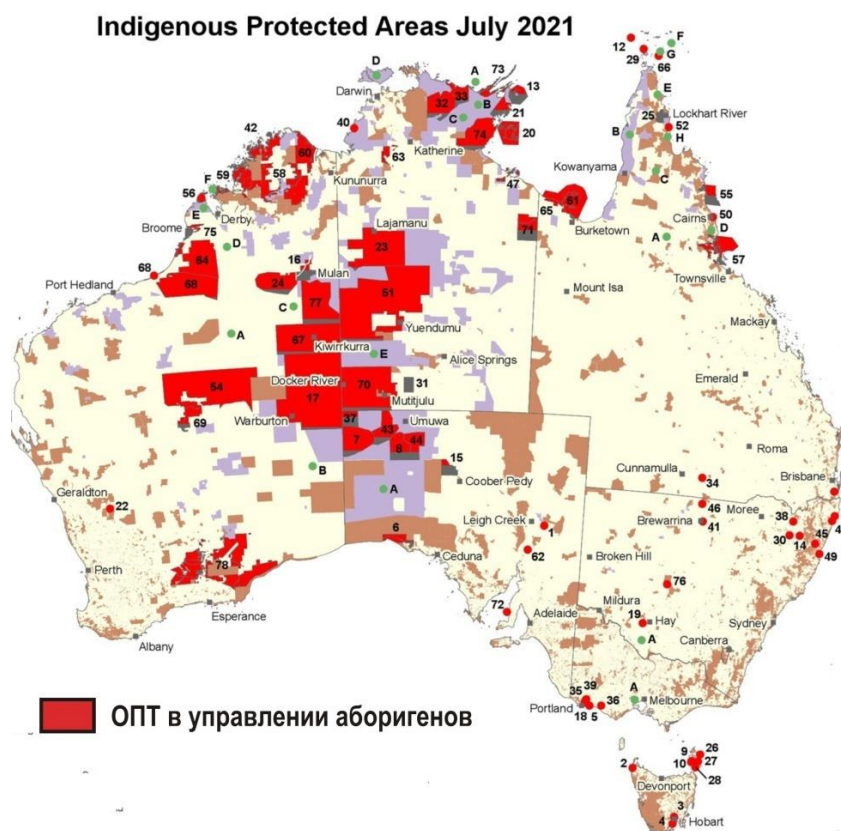


Рис. 2. Охраняемые природные территории Австралии, находящиеся в управлении общин аборигенов

(<https://www.niaa.gov.au/sites/default/files/files/ipa-national-map-july-2021.pdf>)

Наконец, в-третьих, свидетельством новых тенденций, характерных для XXI века, является наличие охраняемых природных территорий, находящихся в управлении «некоммерческих

организацией». В настоящее время их в Австралии – 77. Например, в Западной Австралии, в часе езды на восток от г. Перт, есть заповедник (строгий природный резерват – категория Ia) «Каракамия», который был приобретен в частную собственность основателем Австралийской организацией по охране дикой природы Мартином Копли еще в 1991 году.

Комментируя данные, приведенные в табл. 2 и табл. 3, следует указать, что итоговая цифра общего количества ООПТ в Австралии (11149 ед.) значительно меньше значений, которые мы приводили в некоторых наших предыдущих публикациях. В них количество ООПТ оценивалось цифрой 13390 единиц [5]. Напомним, что в предыдущих своих статьях мы использовали официальные данные из докладов Department of Agriculture, Water and the Environment (Министерство сельского хозяйства, вод и окружающей среды) – Collaborative Australian Protected Area Database - CAPAD за 2020 г.

Объяснить подобную ситуацию, вероятно, можно следующим образом. В табл. 2 и 3 помещены данные, извлеченные с сайта <https://www.protectedplanet.net/country/AUS>, который принадлежит негосударственной (общественной) организации «Explore the World's Protected Areas» (по-другому, Protected Planet – Защищенная планета), занимающейся учетом охраняемых природных территорий во всех странах мира. Организация формирует базу данных ООПТ по 244 странам и территориям мира. Сведения для базы данных предоставляют уполномоченные организации стран-респондентов. По-видимому, «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet) не получает информацию во всей ее полноте, либо предъявляет к информации об ООПТ свои требования, отличающиеся от требований, соответствующих государств и не включает некоторые данные в свою базу.

Косвенно это подтверждается следующим фактом. Анализируя базу данных «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet), мы обратились к информации об охраняемых природных территориях Российской Федерации. В результате, также как и в случае с Австралийским Союзом, мы обнаружили серьезные расхождения мировой базы данных со статистическими сведениями, которые приводятся в официальных источниках Министерства экологии и природопользования и Государственной службы статистики РФ.

С утилитарной практической стороны для нас, прежде всего, интересен вопрос: «Насколько охраняемые природные территории Австралии приспособлены для развития экологического туризма?». Исходя из рекомендаций МСОП (табл.1), а также из сложившейся практики экологического туризма, известно, что туризм в качестве главной функции актуален для следующих категорий ОПТ: «национальные парки», «памятники природы», «охраняемые

ландшафты» [8]. В этой связи рассмотрим вопрос о соотношении объектов ОПТ, имеющих названия «национальный парк» в Австралии, и объектов ОПТ, которым организаторами (или управленцами) присвоена II категория МСОП, соответствующая «национальному парку».

В 2021 г. по данным «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet) в Австралийском Союзе к II-й категории МСОП «Национальный парк» было отнесено 1154 охраняемые природные территории. В то же время официальный доклад Department of Agriculture, Water and the Environment (Министерство сельского хозяйства, вод и окружающей среды), курирующего систему охраняемых территорий, указывал, что название «национальный парк» имеет всего лишь 693 ОПТ. В докладе также отмечено, что еще около 40 объектов имеют близкие названия: «National Park Aboriginal» (Национальный парк аборигенов) – 30 объектов; National Park Scientific (Научный Национальный парк) – 9 объектов. Однако даже с таким добавлением количество «национальных парков», указанных правительством Австралии (732 ед.) значительно меньше того числа, что учтено в международной базе данных ОПТ.

Данное несоответствие объясняется достаточно просто. В практике формирования сети охраняемых природных территорий Австралии широко распространен следующий подход – многие ОПТ не названы «национальными парками», однако их реальный статус, имеющаяся инфраструктура, цель управления и характер использования полностью соответствуют требованиям МСОП для II-й категории «национальный парк». Соответственно, II-я категория присваивается этим охраняемым природным территориям, несмотря на то, что они имеют иные названия. Напомним, что на региональном уровне (в штатах и территориях) в Австралии нами отмечено 54 типа ОПТ [3]. В дальнейшем именно эти категории учитываются в международной базе данных «Explore the World's Protected Areas» (Protected Planet).

Однако, для Австралии характерна и обратная тенденция – некоторые ОПТ, названные «национальными парками», на самом деле имеют совершенно другую категорию МСОП. Нами проведен анализ информации о нескольких сотнях ОПТ Австралии, названных «национальными парками», во всех штатах и территориях страны. Для изучения использовалась база данных Австралии, размещенная на сайте <https://parks.des.qld.gov.au/parks>.

В результате анализа получилась следующая картина. Например, из 45 национальных парков штата Виктория 2 парка имели III-ю категорию МСОП, то есть реально являлись «памятниками природы». На острове Тасмания, в одноименном штате, из 19 ОПТ, названными «национальными парками», только 13 соответствовали критериям II-й категории МСОП. Остальные 6 ОПТ (имеющие название «национальный

парк») на самом деле имели категории Ia или Ib. То есть, реально являлись «Строгими природными резерватами» или участками «Дикой нетронутой природы» – охраняемыми территориями, в которых запрещена всякая хозяйственная деятельность и пребывание туристов. Обратная ситуация в штате Южная Австралия. Здесь из 29 проверенных национальных парков, только 16 соответствовали этому статусу. В то же время 11 ОПТ официально были отнесены к VI-й категории МСОП – «Участок устойчивого природопользования», а один объект «Пустыня Мунга-Тирри-Симпсон» была «строгим природным резерватом» (категория Ia). В Северной территории «Национальный парк Ущелье Финке» имеет V-ю категорию МСОП – «Охраняемый ландшафт». В Западной Австралии два национальных парка имели III-ю категорию «памятник природы»: «Метеоритный кратер Вульф-Крик», «Гора Августус». Один национальный парк «Острова Нивалара» по сути являлся «строгим природным резерватом» (I-я категория МСОП).

Похожая, но еще более пестрая ситуация наблюдалась в других штатах и территориях Австралийского Союза, в каждом из которых зафиксировано более двухсот ОПТ с названиями «национальный парк»: Новый Южный Уэльс (206), Квинсленд (273).

Выводы:

- Классификация охраняемых природных территорий, предложенная Международным Союзом охраны природы, активно применяется в Австралийском Союзе, как на государственном, так и на региональном уровне – в штатах и территориях. Более того, именно Австралия является одним из мировых лидеров в области внедрения системы классификации ОПТ МСОП в природоохранную практику.

- В Австралии очень большое количество охраняемых природных территорий, представляющих все шесть категорий МСОП. Из них наибольшее количество – 2862 ОПТ имеют IV-ю категорию «Территория сохранения отдельных видов», что в российском понимании соответствует «заказнику». Также на Зеленом континенте 2541 «Строгий природный резерват» – охраняемая природная территория категории Ia, в нашем понимании наиболее близкая «государственному заповеднику».

- Для туризма, прежде всего экологического, в Австралии, согласно международной базе данных ОПТ, имеется 2403 ОПТ категории III «памятник природы» и 1154 ОПТ категории II, которые в международной классификации МСОП именуются «национальными парками».

- Количество ОПТ, относящихся по международной классификации к «национальным паркам», резко отличается от числа ОПТ, которые в Австралии называют «национальными парками». Таковых здесь всего 693. Такое расхождение объясняется тем фактом,

что в первом случае в расчет принимается цель и характер управления конкретной ОПТ, а также режим охраны отдельных компонентов природы и ландшафтов в целом. Во втором же случае решающее значение имеет традиционное название ОПТ, которое могло быть дано без учета вышеназванных факторов.

- Как показали исследования, охраняемые природные территории, названные в Австралии «национальными парками», реально, в зависимости от целей управления и форм их эксплуатации, практически могут быть отнесены к любой из шести категорий МСОП. Очевидно не более 80% объектов, названных «национальными парками», соответствуют требованиям МСОП.

- Наоборот, многие охраняемые природные территории Австралии, относящиеся в зависимости от названия к любому из 54 имеющихся здесь типов ОПТ, могут соответствовать категории II «национальный парк» классификации МСОП. Два последних пункта усложняют восприятие системы ОПТ Австралийского Союза.

Список литературы

1. Бишоп К. и др. Говорим на общем языке. Система охраняемых территорий МСОП и ее применение на практике / К. Бишоп, Н. Дадли, А. Филлипс, и С. Столтон. – М. Р. Валент, 2006. 172 с.
2. Георгиев Г. Л. Характеристика определения, регулирования и управления охраняемых районов Болгарии / Г. Л. Георгиев, М. Т. Васильева // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. № 20. С. 180–200.
3. Дорофеев А. А. О разнообразии региональных особо охраняемых природных территорий в Австралии // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2022. № 3(39). С. 25–43. DOI 10.26456/2226-7719-2022-3-25-43.
4. Дорофеев А. А. Охраняемые территории международного и государственного уровня Австралийского Союза и туризм // Туризм и региональное развитие. 2022. № 1(4). С. 43–54.
5. Дорофеев А. А. Экотуризм в Австралии: дестинации и туристские прибытия // Сервис в России и за рубежом. 2022. Т. 16. № 2(99). С. 51–64. DOI 10.24412/1995-042X-2022-2-51-64.
6. Семин П. О. Типы управления особо охраняемыми природными территориями по классификации международного союза охраны природы // Актуальные вопросы публичного права: Материалы XVII Всероссийской науч. конф. молодых ученых и студентов. В 2-х частях, Екатеринбург, 01–02 ноября 2018 г. / Отв. редактор Д.В. Конев. Екатеринбург: ФГБОУ высшего образования «Уральский государственный юридический университет», 2018. С. 320–325.
7. Стишов М.С. Охраняемые природные территории Российской Федерации и их категории / Стишов М.С., Дадли Н. – Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. 248 с.

8. Экологический туризм: современные векторы развития / М. И. Абрамова, Г. В. Алексушин, Т. В. Антюфеева [и др.]. Екатеринбург: Без издательства, 2022. 812 с.
9. Guidelines for Protected Area management categories. Gland: IUCN, 1994.

Об авторе:

ДОРОФЕЕВ Александр Александрович – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры туризма и природопользования факультета Географии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2), e-mail: adgeograf@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4776-9672, SPIN-код: 1563-2520.

ON THE COMPLIANCE OF AUSTRALIAN PROTECTED AREAS WITH THE CATEGORIES OF THE INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE

A.A. Dorofeev

Tver State University, Tver

The classification of protected areas (TAS), proposed in 1994 by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), is briefly described. Particular attention is paid to the positive experience of using IUCN categories on the Australian continent. A comparison of the numerous regional names of the Protected Areas of Australia and the IUCN classification categories was carried out. The comparison was based on the principles of management and the nature of the use of the protected natural area. The tables provide modern initial data and quantitative results of comparative analysis.

Keywords: *International Union for The Conservation of Nature, protected natural area, national park, natural monument, reserve, wildlife sanctuary, ecological tourism.*

Рукопись поступила в редакцию 16.01.2023

Рукопись принята к печати 23.01.2023

УДК 57.083.18

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-39-46>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЧИПОВ В ДЕТЕКЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ

О.Ю. Сурсимова¹, Ю.О. Букина²

¹ ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

² ФГБОУ ВО «Пущинский государственный естественно-научный институт»,
г. Пущино

Коррозия материалов, индуцированная деятельностью микроорганизмов, является главной причиной разрушения трубопроводов и резервуаров нефтедобывающих компаний. Своевременное выявление и идентификация бактерий и археи позволяет снизить экологические риски эксплуатации металлоконструкций. В статье рассматриваются возможности использования биологических чипов в природопользовании, приводится их обобщенная классификация и принцип работы.

Ключевые слова: биологический чип, биопленка, микробные сообщества, коррозия, экология и природопользование.

Введение и постановка проблемы. Одним из аспектов современной экологии является изучение воздействия живых организмов на техногенные системы. Процессы коррозии, вызванные деятельностью бактерий и археи (microbiologically influenced corrosion – MIC), и борьба с ними представляют серьезную проблему для современных технологий и эксплуатации инженерных сооружений. Неконтролируемое образование кислот микроорганизмами может привести к коррозии бетона, цемента, металлических конструкций. Грандиозной по своим катастрофическим последствиям стала авария на ТЭЦ-3 Норильско-Таймырской энергетической компании (НТЭК, дочерняя компания ГМК «Норильский никель») произошедшая 29 мая 2020 г. Из-за коррозии днища резервуара разлилось около 21000 т. нефтепродуктов, попавших в грунт и реки Амбарную и Далдыкан. Общая площадь загрязнения составила 180000 м². Предупреждение подобных экологических бедствий является одной из задач современной экологии и природопользования. Следовательно, необходимо использовать технологии, позволяющие своевременно выявлять микроорганизмы, вызывающие коррозию металлов. В 21 в. широкое распространение получил метод применения биологических чипов. Он позволяет быстро и одновременно анализировать сотни или тысячи образцов

© Сурсимова О.Ю.,
Букина Ю.О., 2023

биологических материалов. Данная технология способна идентифицировать различные внутриклеточные процессы, анализировать генетическую информацию, а также обнаруживать биологически значимые молекулы.

Целью работы является изучение возможности применения технологии биологических чипов в детекции коррозии трубопроводов, вызванной деятельностью микроорганизмов.

В настоящей работе использовался анализ современных научных источников в области микробиологии и данные компании ООО «ФОСКО БИО» (г. Пущино, Россия), занимающейся научными исследованиями и разработками в области биотехнологии. Для изучения текущей обсемененности микроорганизмов проводится забор образцов технической жидкости и слизи на различных участках трубопровода. Из полученных образцов выделяются ДНК, которые используются с целью последующего синтеза зондов для гибридизации с биочипом. В качестве метода определения микробной обсемененности используется метод секвенирования (NGS – Next Generation Sequencing), позволяющий определить все микроорганизмы, присутствующие в образце, и метод биочипа, позволяющий определить группы микроорганизмов, вовлеченных в процесс биокоррозии.

Биологические микрочипы (биочипы) – это миниатюрные платформы, способные используя небольшое количество исходного материала осуществлять многопараметрический анализ в сжатые сроки [1, 5]. Конструкция биочипов представляет собой компактные пластинки с многочисленными ячейками (подложка), которые содержат набор индикаторов, определяющих тот или иной биологический объект (зонды).

В качестве подложек используются различные материалы. Первый тип – это стекло, кремний и ряд других материалов электронной промышленности. Второй – пластмассы и полимеры, обладающие высокой биосовместимостью, быстрым прототипированием, низкой тепло- и электропроводностью. Третий – биологические материалы – белки, клетки и ткани, которые можно использовать в устройствах BioMEMS (платформы «орган на чипе») [4, 5]. При производстве биочипов используются технологии микроэлектроники и разработки в области полупроводников. Как правило, для изготовления структуры микро- или наномасштаба на плоских подложках необходимо повторение определённых структур фотолитографии (придаёт свойство инертности) с применением методов травления и этапов осаждения тонкой плёнки [5].

Существуют различные типы биочипов, отличающиеся по размерам наносимых фрагментов, методам иммобилизации биологических объектов, системам детекции и т.д. Популярна

классификация, основанная на природе иммобилизованных на биочип зондов [1], которая выделяет следующие типы:

- 1) ДНК-чипы и РНК-чипы – гелевые пластинки с ячейками, содержащими набор ДНК- или РНК-зондов, расположенными на стекле или мембране.
- 2) Белковые микрочипы – подложка с ковалентно «пришитыми» белками (ферменты, антигены, антитела и др.), которые формируют область высокой концентрации на микрочипе.
- 3) Клеточные (микрофлюидные) микрочипы – модель органов или тканей, представляющая собой компактную пластину, в которой перемещаются по микроканалам малые объёмы жидкостей [3].

В основном, технология биочипов широко используется для высокоэффективного детектирования в различных областях биомедицины и биологии – диагностика, лечебная терапия, доставка лекарств, биосенсоры и тканевая инженерия [5, 7]. Отдельным, пока мало применяемым направлением, является определение состава микробиологических сообществ в различных средах, что особенно актуально для решения проблем в области экологии и природопользования [12]. Подходы к биомониторингу окружающей среды требуют измерения либо определённых биомаркеров, либо специфических биологических профилей. Микрочипы способны успешно справиться с этими задачами, позволяя анализировать свыше сотни маркеров одновременно [11]. Понимание структуры и состава микробных сообществ, а также их реакций в ответ на токсикологическое загрязнение, изменение климата, хозяйственную и промышленную деятельность имеет важное значение для поддержания функций и восстановления нарушенных экосистем. Однако, высокое видовое разнообразие микроорганизмов, сложность их обнаружения и культивирования значительно затрудняют работу исследователей. Традиционные методы выращивания на питательных средах зачастую дают ограниченную информацию о разнообразии и динамике микробных сообществ, кроме того, требуют значительных временных затрат [6].

В настоящее время для диагностики микробиологического заражения в нефтегазовой сфере общепринятым является метод культивирования в жидкой среде. Это простой и дешёвый метод, но он имеет ряд существенных недостатков, которые практически полностью нивелируют его достоинства. Он позволяет тестировать, в основном, сульфат восстанавливающих бактерий, при этом длительность теста составляет около 28 дней. За это время MIC может вызвать видимые повреждения металла. WebCorr Services [13] отмечает, что железоокисляющие бактерии в течение месяца перфорируют резервуар из нержавеющей стали толщиной 5 мм. Кроме того, далеко не все микроорганизмы, вовлеченные в биокоррозию, являются культивируемыми, количество живых серовосстанавливающих бактерий занижено на 3–4 порядка.

Применение биочипов позволяет достаточно эффективно определять микробиологический состав сред. Viveiros S. с коллегами применили платформу магниторезистивного биочипа для идентификации бактерий *Escherichia coli*, видов *Klebsiella*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* и *Streptococcus agalactiae* в пунктах оказания помощи [12]. Неоспоримым преимуществом применения микрочипов является возможность их использования в труднодоступных средах. В 2022 г. группа китайских учёных во главе с Li P. разработали технологию специфических ДНК-зондов на основе фрагментов гена 18S рибосомной ДНК для обнаружения токсичных водорослей в прибрежных водах [8].

Рассмотрим общий принцип работы микрочипов для биомониторинговых анализов и детекции микробиологических сообществ.

На первом этапе происходит определение типов микроорганизмов, вызывающих биокоррозию (мишени для детекции). Далее, осуществляется экстракция ДНК (РНК) выявленных бактерий и археи. Затем с применением цифровых технологий разрабатывается дизайн последовательности зондов, чтобы обеспечить специфичность анализа [8]. После этого пробы фрагментируют, амплифицируют и помечают флуоресцентной меткой. На следующем этапе производят заливку пробы в биочип. Если анализируемая последовательность комплиментарна фрагменту ДНК (РНК) в зонде, то образуется стабильный дуплекс [1]. После этого биочип облучают лазером и считывают флуоресцентный сигнал (если связывания не произошло – флуоресцентной метки не наблюдают). На завершающем этапе производят качественный (число флуоресцентных меток) и количественный (яркость свечения флуоресцентных меток) анализ результатов при помощи специализированного программного обеспечения (рис. 1).

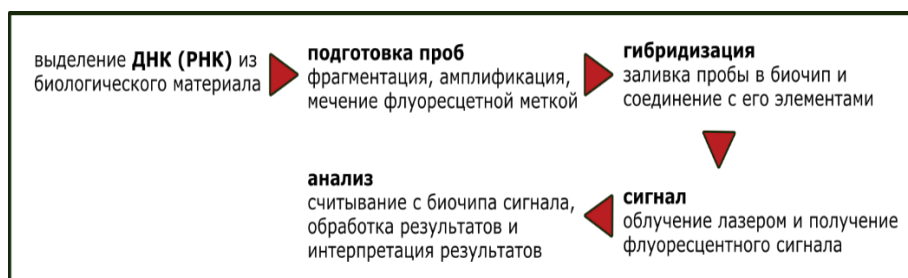


Рис. 1. Процедура анализа образцов при помощи тест-системы «ТБ-биочип»

Перспективным направлением применения биочипов в экологии и природопользовании является борьба с МКС. Биокоррозии подвержены большинство инженерных материалов, она является результатом

электрохимических реакций, происходящих в результате жизнедеятельности микроорганизмов (в свободном состоянии или в виде биопленки) [2]. Биоплёнка – это сложное сообщество бактерий и архей, взаимодействующих друг с другом, и с окружающей средой. Биоплёнка на объектах промышленности характеризуется гетерогенным составом и создаётся хемотрфными, гетеротрофными, аэробными и анаэробными микроорганизмами, способными выживать в экстремальных условиях (высокое давление и критические температуры) [9]. Внутри биоплёнки сообщество бактерий и архей успешно размножаются, растут и взаимодействуют с друг другом за счёт каскада биохимических реакций. Регулярный мониторинг и своевременная детекция бактерий и архей, ассоциированных с МІС, позволит предотвратить экологические катастрофы, связанные с прорывом нефте- и газопроводов и оборудования.

Рассмотрим специфику использование биочипа для детекции основных групп микроорганизмов, вовлечённых в биокоррозию и бактерий, ускоряющих их рост (компания ООО «ФОСКО БИО», Россия). Данная технология позволит провести быструю оценку бактериального заражения нефтепромысловых объектов и значительно снизить сумму экономических потерь от биокоррозии. Было установлено, что самые значительные повреждения нефте- и газопроводов появляются в местах существования биоплёнок, которые защищают бактерии и архей от неблагоприятных условий окружающей среды. В таких сообществах одни микроорганизмы обеспечивают функции защиты и успешного роста, другие создают стратегические запасы железа, обеспечивая питанием. Чем разнообразнее видовой состав биоплёнок, тем больший вред наносится инженерным сооружениям [9]. Поэтому важным этапом работы является определение бактерии и архей, участвующие в биокоррозии нефтегазового оборудования. Были идентифицированы основные группы микроорганизмов: сульфат восстанавливающие бактерии (СВБ), железо окисляющие бактерии, железо восстанавливающие бактерии, метаногены, ацетогены и ферментативные бактерии, а также, микроорганизмы, которые тем или иным образом усиливают коррозию металлоконструкций – кислотообразующие бактерии, сероокисляющие бактерии и др [2, 10]. Сульфат восстанавливающие прокариоты (бактерии и архей) – одна из самых значительных и агрессивных групп микроорганизмов, вовлеченных в коррозию металлов. Все вышеперечисленные виды бактерий участвуют в жизнедеятельности СВБ. Они нарушают защитный слой труб и/или обеспечивают дополнительное питание для бактерий и архей, вовлечённых МІС [6]. Затем были выбраны и синтезированы фрагменты ДНК ключевых генов микроорганизмов (специфические ферменты), задействованных в биокоррозии. Для специфического узнавания

микроорганизмов эти фрагменты были собраны в одноцепочечные ДНК-кассеты, содержащие флуоресцентную метку, и помещены на стеклянную подложку биочипа. Когда проба, содержащая в себе бактерии и археи, ассоциированные с МИС, помещается на биочип происходит взаимодействие комплементарных цепей (гибридизация). Одна из них иммобилизована на стеклянной подложке, а вторая находится в исследуемом образце. Для визуализации микрочип облучают лазером, полученное изображение анализируют посредством специализированного программного обеспечения. Наличие свечения свидетельствует о присутствии микроорганизмов, а интенсивность метки, позволяет получить сведения о количественных характеристиках исследуемого образца (рис. 2).

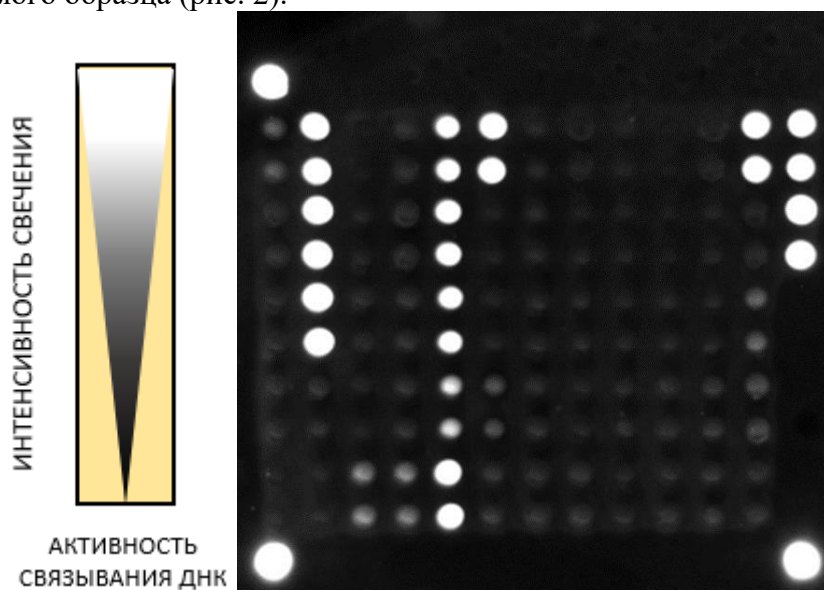


Рис. 2. Матрица биочипа с флуоресцирующими ячейками

Визуализация флуоресцентного изображения биочипа при возбуждении лазерами с длинами волны 532 нм и 655 нм проводится на приборе ImaGeWare, используется программное обеспечение «ImaGeWare».

В результате данная технология позволяет достаточно точно и в сжатые сроки не только детектировать бактерий и археи, участвующих в МИС, но и эффективно подобрать соответствующий биоцид.

Выводы

Использование биочипа для исследований биокоррозии имеет значительные преимущества по сравнению с другими методами. Микрочипы могут быть использованы в труднодоступных и/или

неблагоприятных для человека местах, что позволяет снизить стоимость экологических изысканий.

Анализ микробной популяции методом биочипа в течении нескольких часов позволяет выявить качественный и количественный состав микробиома, наличие микроорганизмов прямо или косвенно вовлеченных в коррозию, эффективность использования биоцидов и на основании полученной информации прогнозировать угрозы функционированию трубопроводов.

Использование технологии микрочипов при регулярном мониторинге и быстром обнаружении микроорганизмов позволит значительно снизить сумму экономических потерь от биокоррозии.

Таким образом, биологические чипы - перспективное направление современной науки, которое позволяет эффективно решать задачи определения микробиологического состава технических объектов.

Список литературы

1. Баранов В.С. Генетический паспорт – основа индивидуальной и предиктивной медицины. СПб.: Изд-во Н-Л, 2009. 528 с.
2. Вайштейн М.Б. Абашина Т.Н. Biogeotechnology, Biocorrosion, and Remediation-Three Areas of Modern Applied Environmental Microbiology // *Microorganisms*, 2022. № 10(8). С. 1611.
3. Вирясова Г. Органы-на-чипе: когда технология сплетается с жизнью [Электронный ресурс] // *Биомолекула* (эл. ж.). 2021. Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/organy-na-chipe-kogda-tekhnologiya-spletaetsya-s-zhizniu> (дата обращения: 8.01.2023).
4. Ahadian S., Civitarese R., Bannerman D. et al. Organ-On-A-Chip Platforms: A Convergence of Advanced Materials, Cells, and Microscale Technologies // *Advanced healthcare materials*, 2018. V. 7(2).
5. Azizipour N., Avazpour R., Rosenzweig D.H. et al. Evolution of Biochip Technology: A Review from Lab-on-a-Chip to Organ-on-a-Chip // *Micromachines* 2020. V. 11(6). P. 599.
6. Biochips and rapid methods for detecting organisms involved in microbially influenced corrosion (MIC) / Al-Humam A. A., Zinkevich V., Sapojnikova N., Asatiani N., Kartvelishvili T. // *Saudi Arabian Oil Company, Patent, United States Patent Application 2018/0298429*
7. Chi J., Wu D., Su M., Song Y. All-printed nanophotonic biochip for point-of-care testing of biomarkers // *Science bulletin (Beijing)*, 2022. V. 67(12). P. 1191-1993.
8. Li P., Qiang L., Han Y. et al. A Sensitive and Portable Double-Layer Microfluidic Biochip for Harmful Algae Detection // *Micromachines (Basel)*, 2022. V. 13(10).
9. Nasser B., Saito Y., Alarawi M. et al. Characterization of microbiologically influenced corrosion by comprehensive metagenomic analysis of an inland oil field // *Gene*, 2021. V. 774.

10. Parthipan P., Cheng L., Dhandapani P. Metagenomics diversity analysis of sulfate-reducing bacteria and their impact on biocorrosion and mitigation approach using an organometallic inhibitor // *Science of The Total Environment*, 2023. V. 556(2).
11. Rivas L. A, Garcia-Villadangos M., Moreno-Paz M. et al. A 200-Antibody Microarray Biochip for Environmental Monitoring: Searching for Universal Microbial Biomarkers through Immunoprofiling // *Analytical chemistry*, 2008. V. 80(21). P. 7970-7979.
12. Viveiros S., Rodrigues M., Albuquerque D. et al. Multiple Bacteria Identification in the Point-of-Care: an Old Method Serving a New Approach // *Sensors (Basel, Switzerland)*, 2020. V. 20(12). P. 3351.
13. WebCorr Corrosion consulting services [Электронный ресурс] / Компания «WebCorr Corrosion consulting services». Режим доступа: <https://www.corrosionclinic.com/> (дата обращения: 9.01.2023).

Об авторах:

СУРСИМОВА Ольга Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: voroni-olga@yandex.ru), ORCID: 0000-0002-0993-3144, SPIN-код: 4111-8066.

БУКИНА Юлия Олеговна – магистр биологии. ФГБОУ ВО «Пушкинский государственный естественно-научный институт», г. Пушкино (142290 Московская область, г. Пушкино, пр. Науки, д.3, e-mail: Ailin_7@mail.ru), ORCID: 0000-0002-2115-539X.

THE USE OF BIOLOGICAL CHIPS IN THE DETECTION OF MICROBIOLOGICAL CORROSION

O.Yu. Sursimova¹, Yu.O. Bukina²

¹Tver State University, Tver

²Pushchino State Natural Science Institute, Pushchino

Corrosion of materials induced by the activity of microorganisms is the main cause of the destruction of pipelines and reservoirs of oil companies. Timely detection and identification of bacteria and archaea can reduce the environmental risks of the operation of metal structures. The article discusses the possibilities of using biological chips in nature management, provides their generalized classification and principle of operation.

Keywords: *biological chip, biofilm, microbial communities, corrosion, ecology and nature management*

Рукопись поступила в редакцию 22.01.2023

Рукопись принята к печати 3.02.2023

УДК 502.51(285.3)

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-47-55>

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЖАРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ БОЛОТА ВАСИЛЬЕВСКИЙ МОХ

Л.В. Муравьева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Возникновение торфяных пожаров на болотах обусловлено как человеческим фактором, так и неустойчивым состоянием природно-антропогенных комплексов, образовавшихся в результате осушения и добычи торфа. Пожары уменьшают мощность торфяного слоя, способствуют вторичному заболачиванию.

Ключевые слова: *вегетационные индексы, природно-антропогенные комплексы, торфяные пожары*

Введение и постановка проблемы

Пожары на осушенных и выработанных торфяных болотах представляют серьезную экологическую проблему. Во время пожара выгорает большая масса органического вещества [2, 3]. Продукты горения поступают в воздух, что способствует возникновению смога. Это приводит к негативным экологическим, социальным и экономическим последствиям. Вместе с тем, пожары оказывают влияние на ход развития самих болотных геосистем. После осушения и добычи торфа на выработанных участках формируются природно-антропогенные комплексы разных типов [4] в зависимости от способа добычи, рельефа минерального ложа болота, мощности торфа и т.д.

Болото Васильевский Мох, является типичным примером образования и развития таких комплексов. Оно расположено в 10 км к северу от г. Твери на наклонной (от 147 до 141 м) водораздельной равнине (рек Орши и Ведемьи), сложенной водноледниковыми и озерноледниковыми песками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками. До освоения это было выпуклое верховое болото с максимальными отметками до 149 м и средней мощностью торфа 0,95–1,43 м. В его центральной части сохранились 3 озера. Сток с болота осуществляется несколькими ручьями.

Добыча торфа на болоте производилась с начала XX в. разными способами: в 1927–1945 гг. – машинно-формовочным и гидроэлеваторным, в 1939–1959 гг. – способом гидроторфа, в 1952–1975 гг. – фрезерным. К концу 1970-х гг. все работы по добыче торфа были завершены. В 1980–90-е гг. в южной и западной частях болота

© Муравьева Л.В., 2023

появились садовые товарищества, на юго-востоке проложена новая автомагистраль. В связи с этим значительно увеличилось количество посещений болота людьми в целях охоты, рыболовства, сбора грибов и ягод. Следствием стали торфяные пожары, существенно изменившие внешний облик и свойства природно-антропогенных комплексов.

Целью работы стало изучение распространения пожаров и их влияния на развитие природно-антропогенных комплексов.

Материалы и методы

Для изучения распространения пожаров были использованы данные космосъемки с 1976 по 2022 гг. – снимки Landsat 4, 5, 8, 9, полученные с сайта Геологической службы США Earth Explorer, а также снимки высокого разрешения Google Earth.

Выявление выгоревших участков производилось с помощью индекса SWVI (Short Wave Vegetation Index) – коротковолнового вегетационного индекса, чувствительного к содержанию влаги в поверхностном слое в т.ч. в листьях. Он рассчитывался по формуле:

$$SWVI = \frac{R_{nir} - R_{sswir}}{R_{nir} + R_{sswir}},$$

где R_{nir} – значение отражения в ближнем инфракрасном диапазоне, R_{sswir} – значение отражения в среднем инфракрасном диапазоне.

Снимки Landsat 4 и некоторые снимки Landsat 5 (имеющие датчик MSS) не позволяли рассчитать SWVI, из-за отсутствия изображения в среднем инфракрасном диапазоне, поэтому использовался также индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, который показывает количество фотосинтетически активной биомассы, рассчитывался по формуле:

$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}},$$

где R_{nir} – значение отражения в ближнем инфракрасном диапазоне и R_{red} – отражение в красной области спектра.

Для определения выгоревших участков применялся разностный индекс:

$$Dswvi = SWVI_{pre} - SWVI_{post},$$

$$Dndvi = NDVI_{pre} - NDVI_{post};$$

где $SWVI_{pre}$ и $NDVI_{pre}$ – значения вегетационных индексов в предыдущий период, $SWVI_{post}$ и $NDVI_{post}$ – значения в последующий период.

Для работы были отобраны снимки, сделанные в летний период, с минимальным облачным покрытием. Все снимки прошли этап радиометрической и атмосферной коррекции. Вычисления были

выполнены в свободно распространяемом программном обеспечении QGIS 3.22.14.

Обработано более 50 снимков, выполнен первичный последовательный расчет и просмотр разностных индексов за период 1976–2022 гг. Снимки, по результатам обработки которых выявлены гари, представлены в табл.1.

Таблица 1

Снимки Landsat, использованные для определения гарей

№	Дата съемки	Спутник, датчик
1	07.08.1990	Landsat 5 TM
2	30.08.1992	Landsat 5 TM
3	19.05.1995	Landsat 5 TM
4	07.08.1995	Landsat 5 TM
5	27.07.1997	Landsat 5 TM
6	21.05.1999	Landsat 5 TM
7	10.09.1999	Landsat 5 TM
8	11.06.2001	Landsat 5 TM
9	19.07.2003	Landsat 5 TM

Установлено, что пожары на болоте происходили в 1992, 1995, 1997, 1999, 2002 гг.

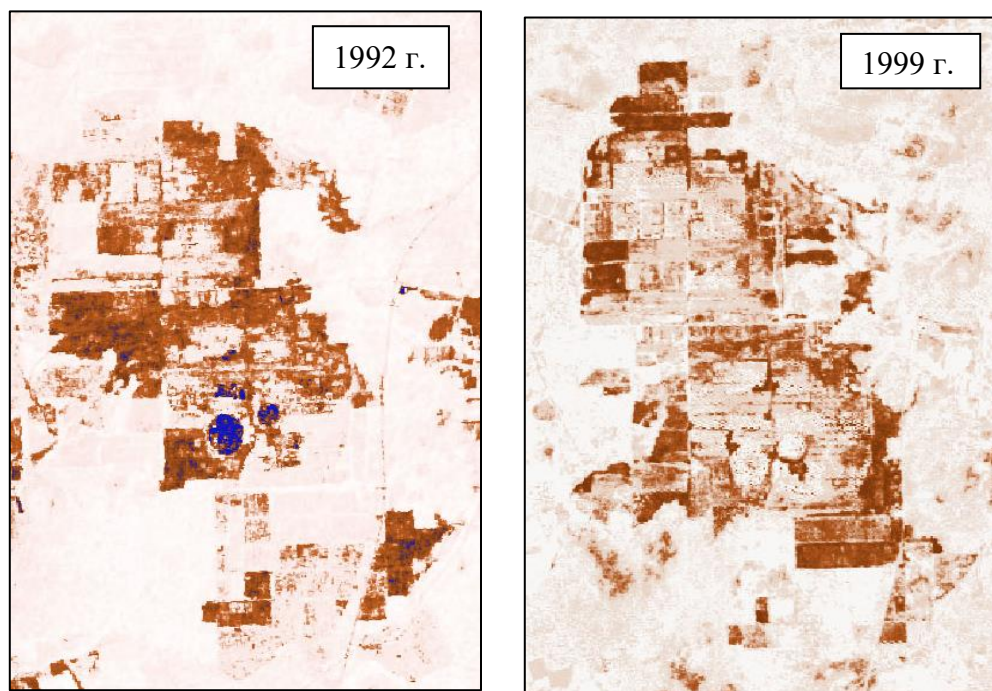


Рис. 1. Визуализация разностного индекса Dswvi (серо-коричневым цветом показаны выгоревшие участки)

Разностные индексы D_{swvi} , показавшие наиболее масштабные пожары 1992 и 1999 гг. визуализированы на рис. 1.

Полученные растровые изображения контуров гарей были экспортированы в программу Mapinfo Pro 17.0.5., с помощью которой составлена схема распространения пожаров в разные годы (рис. 2). и определены площади гарей (табл. 2).

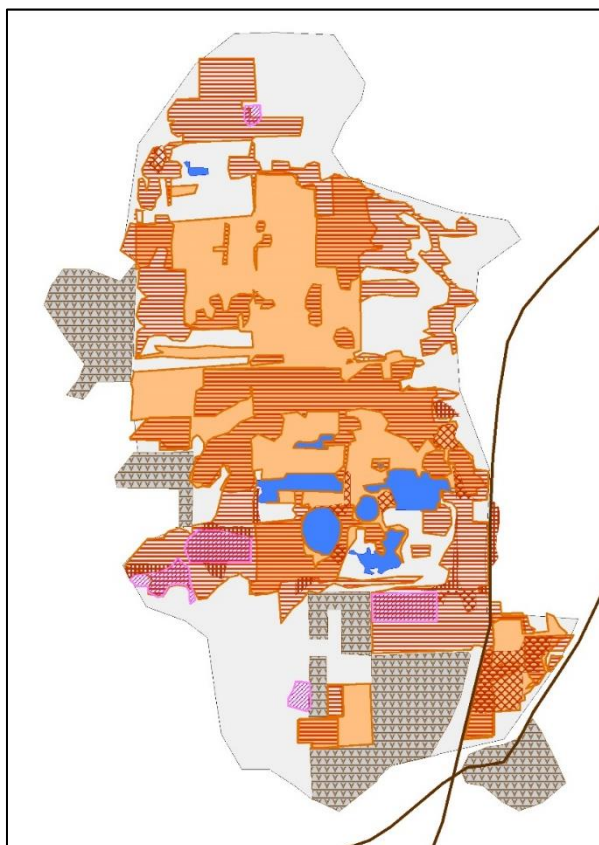


Рис. 2. Распространение пожаров на болоте Васильевский Мох



Таблица 2

Площадь болота, подвергшаяся пожарам, в разные годы

Год	Площадь, км ²
1992	21,9
1995	1,5
1997	1,6
1999	21,7
2002	0,7

Для изучения динамики природно-антропогенных комплексов проводились полевые исследования на болоте в 2001, 2004–2006, 2009–2011, 2020, 2022 гг. Применялся маршрутный метод, с детальным исследованием ключевого участка в южной части болота. Производилось описание растительного покрова, почвы, оставшегося слоя торфа, в лабораторных условиях – определялись его влажность и содержание органического вещества в верхнем 5 см слое, описывался микрорельеф, состояние дренажной сети, степень увлажнения, уровень грунтовых вод. С помощью плана минерального ложа в изобатах определялись особенности рельефа.

Результаты и обсуждение

В результате исследования выявлено, что после завершения торфоразработок в течение 16 лет с 1976 г. по 1992 г. крупных пожаров на болоте не отмечалось. Преобладающим процессом в это время было зарастание фрезерных полей травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Древесная растительность, в первую очередь, развивалась вдоль осушительных каналов. На участках карьерной добычи, которая завершилась к началу 1960-х гг., продолжалось зарастание межкарьерных перемычек, а также расширение и увеличение мощности сплавин на карьерах.

1980–1990 гг. – годы активного садово-огородного освоения территории. В начале 1980-х гг. была построена новая автодорога, протянувшаяся вдоль юго-восточной окраины болота и частично пересекавшая его. Вероятно, связанное с этим увеличение посещаемости болота, стало главной причиной роста числа возгораний.

Наиболее масштабные пожары произошли в 1992 и 1999 гг. Они захватили площадь 21,9 и 21,7 км² соответственно. Пожары локального уровня отмечены также в 1995, 1997, 2002 гг. На некоторых участках пожары повторялись 2–3 раза.

Как отмечает большинство специалистов, непосредственной причиной возгораний является человеческий фактор. Однако, предпосылкой возникновения пожаров служит неустойчивое состояние природно-антропогенных комплексов, образовавшихся после осушения болота и торфодобычи, а именно наличие горючего материала в

почвенном и торфяном слоях. В период летней межени на фоне высоких температур происходит отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от нижних горизонтов торфяной залежи [1]. Верхние горизонты торфа, просохшие до относительной влажности 20-50% становятся потенциально горючими [7]. Созданию пожароопасной ситуации способствуют также погодные условия [6].

Основными зонами распространения пожаров являются выработанные фрезерные поля, на которых в ходе добычи был сохранен слой торфа, мощностью 20–30 см и более. Пожарам подвержены также высокие сухие межкарьерные перемычки.

Последствия пожаров на болоте сводятся к полному или частичному сгоранию травянистой и наземной части древесно-кустарниковой растительности, подгоранию корней деревьев. Упавшие стволы перегнивают затем в течение нескольких лет. Выгорание верхней части торфяной залежи происходит в беспламенном режиме (режиме тления). Часто при этом образуются западины, диаметром 0,5–2 м, глубиной 15–20 см, местами до минерального грунта. После пожара на дне таких западин образуется плотный водоупорный слой битумов и углей [7], что приводит их к быстрому обводнению.

Исследования, проведенные на ключевом участке в южной части болота, показали, что после пожаров 1995 и 1999 гг. на большей части площади торфяной слой значительно уменьшился в результате термического воздействия и последующей минерализации. В 2022 г. пирогенные образования включали маломощный слой хорошо разложившегося выветрелого торфа (от 12–14 см до 20 см), содержащего от 6 до 40% органического вещества в верхнем 5 см слое. У поверхности (до 10 см) отмечалась прослойка углей. На двух участках, расположенных в пределах понижений минерального ложа болота, торфяной слой сохранился мощностью 50-70 см с содержанием органического вещества 97%.

Сгорание торфяного слоя привело к дифференциации комплексов по степени увлажнения. В условиях функционирующей дренажной сети на всем ключевом участке, в понижениях рельефа минерального ложа с сохранившимся более мощным слоем торфа начался процесс вторичного заболачивания, на приподнятых участках в условиях лучшего дренажа появились признаки подзолообразования.

В зависимости от степени увлажнения и наличия торфяного слоя шло формирование растительного покрова. Через 10–12 лет после пожара (в 2010–2011 гг.) преобладающими стали вейниковые и иванчаевые группировки, развитые вдоль осушительных каналов и на наиболее сухих участках, пушицевые с водой между кочками – в небольших понижениях, тростниковые – в более глубоких обводненных западинах. Повсюду шло возобновление древесных пород. Наиболее

характерен подрост березы, осины и ивы, высотой 0,5–1,5 м. На некоторых участках был разреженный подрост сосны и березы, высотой 3–5 м, под которым господствовали кукушкин лен и вейник наземный в напочвенном покрове.

В 2022 г. отмечено повсеместное развитие древесного яруса, высотой 5–8 м. На большей части преобладали сосново-осиново-берёзовые вейниково-политриховые ассоциации. Развитие древостоя привело к восстановлению водного баланса, нарушенного пожарами, и уменьшило содержание влаги на поверхности почвы. Влажность верхних горизонтов почвы составила в 2022 г. 20–35%.

Во впадинах болотного ложа с сохранившимся торфяным слоем широко распространились сфагновые мхи. Развитию сфагнового покрова изначально способствовала высокая влажность торфяного субстрата, способного хорошо удерживать влагу. Здесь сформировались осиново-берёзовые и берёзово-осиновые с сосной пушицево-сфагновые сообщества. Высота древостоя составила 3–5 м. Появление сфагновых мхов свидетельствует о вторичном заболачивании и повышении влажности торфа. В 2022 г. на момент отбора проб влажность торфа составила здесь 60–70%. Как показывают исследования, при влажности 92–95% торфяная залежь является сравнительно безопасной в пожарном отношении [5].

Таким образом, вторичное заболачивание на одних участках и отсутствие торфяного слоя на других уменьшили вероятность широкого распространения пожаров в условиях постпирогенных природно-антропогенных комплексов.

В пределах карьерных аквально-территориальных комплексов пожары захватывали межкарьерные перемычки, приводя к появлению ям, промоин и, в целом, снижению их высоты над уровнем воды в карьерах. Одновременно происходило увеличение мощности сплавнины, чему способствовало падение деревьев при пожарах. Все это способствовало повышению степени увлажнения торфа на перемычках и разрастанию сфагновых мхов.

Выводы

Болото Васильевсий Мох неоднократно (в 1992, 1995, 1997, 1999, 2002 гг.) подвергалось пожарам, в результате которых уничтожался растительный покров и уменьшалась мощность торфа, оставшегося после добычи, вплоть до его полного исчезновения.

Пожарам подвергались преимущественно поля фрезерной добычи торфа, а также межкарьерные перемычки.

После пожаров сформировались растительные сообщества на почвах с малым содержанием органического вещества, образовались участки вторичного заболачивания с широким участием сфагновых мхов и тростниковых сообществ.

Разрушение межкарьерных перемычек в результате пожаров и нарастание сплавин способствовало увеличению влажности торфа на перемычках.

В результате постпирогенного развития природно-антропогенные комплексы нарушенного болота стали обладать большей устойчивостью к пирогенному фактору.

Список литературы

1. Зайдельман, Ф. Р. Проблема защиты осушаемых торфяных почв от пожаров и ее решение // Почвоведение. 2011. № 8 С. 1000-1009. Иринцева Е.В., Скушников А.И. Воздействие торфяных пожаров на окружающую среду // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2012. Т. 1. С. 126-129.
2. Копотева Т.А., Купцова В.А. Влияние пожаров на функционирование фитоценозов торфяных болот Среднеамурской низменности // Экология. – 2016. № 1. С. 14-21.
3. Муравьева Л.В. Освоение, антропогенные изменения и современное состояние болотных геосистем Тверской области. Автореф. дисс....канд. геогр. наук. М.: МПГУ, 2011.
4. Собина, В. А. Возникновение, развитие и опасность торфяных пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1(4). С. 152-154.
5. Хакимов И.Р. Синюткина А.А. Динамика возникновения торфяных пожаров на территории Томской области за 2008-2012 гг.//Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : Материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума, Новосибирск, 04–17 августа 2014 года / Под редакцией А.А. Титляновой и М.И. Дергачёвой. – Новосибирск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2014. – С. 366-368.
6. Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., Беляков В.А., Беззаяцкая О.В. Торфяные пожары и способы их тушения //Пожаровзрывобезопасность, 2012. Т. 21. № 11. С. 85-89.

Об авторе:

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

**THE SPREAD OF FIRES AND THEIR INFLUENCE
ON THE DEVELOPMENT OF NATURAL-ANTHROPOGENIC
COMPLEXES OF THE SWAMP VASILIEVSKY MOKH**

L.V. Muraveva

Tver State University, Tver

The occurrence of peat fires in swamps is due to both the human factor and the unstable state of natural and anthropogenic complexes formed as a result of drainage and peat extraction. Fires reduce the thickness of the peat layer and promote secondary bogging.

Keywords: *vegetation indices, natural-anthropogenic complexes, peat fires*

Рукопись поступила в редакцию 10.02.2023

Рукопись принята к печати 17.02.2023

УДК 504.3.054

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-56-68>

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «СЛАВНОЕ» НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Н.Б. Прокофьева, А.Р. Сергеев

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Основной целью исследования является оценка воздействия полигона ТКО на состояние атмосферного воздуха и определение уровня его загрязнения компонентами выбросов. В работе проведен анализ концентраций загрязняющих веществ и объемов выбросов в атмосферу с территории полигона твердых коммунальных отходов в районе г. Твери, обустроенного в соответствии с требованиями законодательства. В мониторинг включены вещества, являющиеся наиболее характерными для процесса биохимического разложения ТКО, а именно: аммиак, азота диоксид, сероводород, метан, ксилол, толуол, этилбензол, формальдегид, окись углерода и др. Проведен сравнительный анализ выброса компонентов свалочного газа от тела полигона ТКО и типичной свалки.

Ключевые слова: полигоны твердых коммунальных отходов, выбросы загрязняющих веществ, мониторинг, свалочный газ.

Введение и постановка проблемы

Вопрос о влиянии полигонов твердых коммунальных отходов на окружающую среду активно обсуждается в научном сообществе и ему посвящен ряд публикаций [1, 2, 3, 4, 10]. Проблема загрязнения атмосферного воздуха выбросами с полигонов ТКО наиболее остро стала проявляться с конца XX века. Как показывает практика, чаще всего именно в городах происходит наиболее интенсивное накопление отходов производства и потребления, а неправильное и несвоевременное их удаление и обезвреживание нередко приводят к обострению экологических проблем. Повсеместно возникающие вокруг городов плохо организованные, а порой и просто «стихийные», свалки являются наиболее серьезными источниками загрязнения атмосферного воздуха, почв, поверхностных и грунтовых вод.

Главным источником загрязнения атмосферного воздуха на полигонах ТКО является, так называемый, свалочный газ (СГ), образуемый в результате процессов анаэробного брожения отходов, слагающих тело мусорного полигона [1]. Основными компонентами свалочного газа являются парниковые газы – метан (CH₄) и углекислый

© Прокофьева Н.Б.,
Сергеев А.Р., 2023

газ (CO_2). Также в составе свалочного газа присутствуют токсические соединения, являющиеся источниками неприятного раздражающего запаха.

Неконтролируемая эмиссия СГ в атмосферный воздух вызывает ряд негативных эффектов локального масштаба, которые формируют взрывоопасные условия на полигонах ТКО и оказывают губительное воздействие на растительный покров, вызывая асфиксию корневой системы растений [3].

Полигоны ТКО представляют значительную санитарную опасность, так как являются благоприятной средой для развития паразитической фауны, патогенной микрофлоры (брюшной тиф, дизентерия, туберкулез и т.д.), служат местом размножения переносчиков инфекционных заболеваний, грызунов и мух [8].

Сегодня в Тверской области наиболее распространенным методом обезвреживания удаляемых из населенных пунктов отходов является их сортировка, складирование и захоронение на полигонах ТКО. Необходимым условием экологически безопасной эксплуатации полигонов ТКО становится проведение комплекса природоохранных мероприятий, позволяющих снизить их нагрузку на окружающую среду.

Целью работы является оценка загрязняющего воздействия газообразных выбросов в атмосферу с территории полигона твердых коммунальных отходов «Славное». Исследование выполнено на основе материалов Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Администрации Калининского района Тверской области, с привлечением материалов полевых исследований, проведенных на кафедре физической географии и экологии Тверского государственного университета.

Объектом исследования выбран полигон ТКО, расположенный на 21-м км Бежецкого шоссе под Тверью – ООО «Полигон», введенный в эксплуатацию в 2014 г. Полигон ТКО расположен в районе дачной рекреации: в 1,8 км от д. Славное (264 чел.) и р. Орша (Тверская область, Калининский район). Полигон размещается на земельном участке общей площадью 40 га.

По санитарной классификации объект относится ко II классу, размер ориентировочной санитарно-защитной зоны полигона составляет 500 м. Территория санитарной зоны полигона ТКО предназначена для снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам за ее пределами, в целях создания санитарно-защитного барьера между полигоном и территорией жилой застройки, а также для организации дополнительных озелененных площадей [9].

Максимально-разовые приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не должны превышать значения 1 ПДК

на границе ближайшей жилой застройки и 0,8 ПДК на границе садоводств согласно п. 2.2. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» [6].

Результаты исследования

Полигон ТКО «Славное» характеризуется высокой проектной мощностью, она составляет – 3680000 т/год. Площадь участка складирования отходов равна 385843 м².

На примере полигона ТКО «Славное» можно выделить следующие основные загрязнители атмосферного воздуха:

- ✓ **Биогаз (свалочный газ)**, который образуется в теле действующего полигона при анаэробном разложении органической составляющей ТКО. В составе биогаза содержится метан, оксид углерода, формальдегид, этилбензол, толуол, ксилол, сероводород, диоксид серы, диоксид азота, аммиак [10];
- ✓ **Выхлопные газы** от двигателей мусоровозов, доставляющих ТКО на полигон, от двигателей бульдозеров и от двигателей катков уплотнителей, работающих на участке складирования. В атмосферу выделяются оксиды углерода, оксиды азота, диоксиды серы, сажа, керосин;
- ✓ **Пыль неорганическая**, выделяемая при разгрузке мусоровозов;
- ✓ **Загрязнители** от работы заправочного пункта. При заправке топливом дорожной техники в атмосферу выделяются углеводороды предельные C12-C19;
- ✓ **Загрязнители** от использования ёмкостей для хранения дизельного топлива для заправки техники, работающей на картах полигона. В атмосферу выделяются углеводороды предельные C12-C19, сероводород;
- ✓ **Загрязнители** от работы станочного оборудования ремонтной мастерской. В атмосферу выделяется железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения, пыль неорганическая: 70–20% двуокиси кремния пыль абразивная (корунд белый, монокорунд), пыль древесная.

Инвентаризация источников выбросов на территории полигона ТКО «Славное» проведена в 2021 г. сотрудниками ООО «Компания ГрандПроект» при разработке проекта реконструкции полигона твердых коммунальных отходов [6]. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по проектным источникам определены расчетным способом. Перечень химических веществ, выбрасываемых в атмосферу от источников загрязнения, расположенных на территории полигона ТКО «Славное», представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Перечень химических веществ, выбрасываемых в атмосферу,
(полигон ТКО «Славное») [6]**

Наименование ЗВ	Используемый критерий	Значение критерия мг/м ³	Класс опасности	Максимально разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
Дижелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	ПДК с/с	0,04	3	0,0194	0,0156
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	ПДК м/р	0,01	2	0,0006	0,0007
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,2	3	1,5800	25,6253
Аммиак	ПДК м/р	0,2	4	8,9667	163,0296
Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,4	3	0,0303	0,4063
Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15	3	0,0165	0,0346
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,5	3	1,2021	21,5484
Дигидросульфид (Сероводород)	ПДК м/р	0,008	2	0,3820	6,5641
Углерод оксид	ПДК м/р	5	4	3,9308	64,0884
Фториды газообразные	ПДК м/р	0,02	2	0,0001	0,0002
Метан	ОБУВ	50	-	777,1784	13354,2648
Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-,м-,п-)	ПДК м/р	0,2	3	6,5061	111,7951
Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,6	3	9,4806	153,9506
Этилбензол	ПДК м/р	0,02	3	1,2487	20,3113
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с	1*10 ⁻⁶	1	0,000000036	0,00000016
Формальдегид	ПДК м/р	0,05	2	1,4979	26,4892
Керосин	ОБУВ	1,2	-	0,0420	0,1394
Углеводороды предельные C12-C19	ПДК м/р	1,0	4	0,0062	0,0426
Взвешенные вещества	ПДК м/р	0,5	3	0,0904	0,4014
Пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния	ПДК м/р	0,3	3	0,67956	1,2187
Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	ОБУВ	0,04	-	0,0110	0,0079
Пыль древесная	ОБУВ	0,5	-	0,5556	2,0010

Было установлено, что после реконструкции на территории полигона расположено 22 источника выбросов загрязняющих веществ, из них 17 – неорганизованные. В выбросах после реконструкции

присутствует 23 загрязняющих вещества (8 – твердых, 15 – жидких/газообразных), общим валовым выбросом 13951,935 т/ год. Максимально разовые и валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по проектным данным находятся в пределах нормативов.

Разделение загрязняющих веществ по классам опасности на полигоне ТКО «Славное» представлено в табл. 2.

Таблица 2

Разделение загрязняющих веществ по классам опасности
(Полигон ТКО «Славное»)

1 класс опасности	2 класс опасности	3 класс опасности	4 класс опасности	Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ)
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	Формальдегид	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	Аммиак	Метан
-	Дигидросульфид (Сероводород)	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	Углерод оксид	Керосин
-	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	Азот (II) оксид (Азота оксид)	Углеводороды предельные C12-C19 (в пересчете на суммарный органический углерод)	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)
-	Фтористые газообразные соединения	Углерод (Сажа)	-	Пыль древесная
-	-	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	-	-
-	-	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	-	-
-	-	Метилбензол (Толуол)	-	-
-	-	Этилбензол	-	-
-	-	Пыль неорганическая: 70–20% двуокиси кремния	-	-

Объем и доля выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух с разделением по классам опасности представлен в таблице 3 и на столбчатой диаграмме (рис.1).

Выбросы чрезвычайно опасных и высокоопасных веществ составляют менее 0,01% от общего объема загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в результате работы полигона ТКО. Основной объем загрязнений приходится на вещества, ПДК для которых не установлены. Поэтому при исследовании использовалось сравнение имеющихся фактических значений выбросов с величинами ОБУВ для веществ: метана, керосина, пыли абразивной и древесной.

Таблица 3

Объем выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух с разделением по классам опасности (Полигон ТКО «Славное»)

Из них:	т/год	Количество загрязняющих веществ	% от общего объема
1 класс опасности	0,00000016	1	0,0000000126
2 класс опасности	33,05	4	0,24
3 класс опасности	335,31	10	2,40
4 класс опасности	227,16	3	1,63
Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ)	13356,41	4	95,73

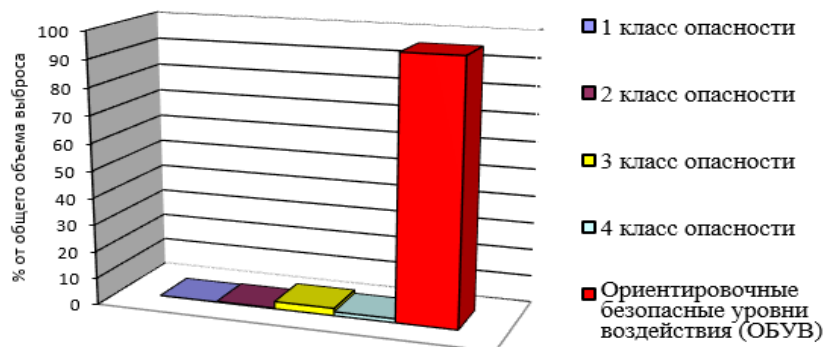


Рис. 1. Распределение выбросов загрязняющих веществ по степени опасности (Полигон ТКО «Славное»)

Основной задачей расчета рассеивания загрязняющих веществ является определение расчетных концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы и оценка влияния выбросов полигона ТКО на загрязнение атмосферного воздуха, главным образом в районе жилой застройки. Загрязнение воздуха определяется по значениям

максимальных разовых концентраций примесей. Степень загрязнения оценивается при сравнении фактических концентраций с ПДК.

Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере произведен в 4 расчетных точках на границе СЗЗ (500 м) [6]. Результат расчета рассеивания загрязняющих веществ в период эксплуатации объекта показывает, что по всем загрязняющим веществам, выделяемым в атмосферу от источников, возможные максимальные приземные концентрации по основным приоритетным и специфическим загрязняющим веществам во всех контрольных точках на границе СЗЗ не превышают норматив 1 ПДК. Результаты расчета приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере от полигона ТКО в расчетных точках приведены в таблице 4.

Таким образом, уровень воздействия полигона ТКО «Славное» при его эксплуатации на качество атмосферного воздуха соответствует обязательным гигиеническим требованиям к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест, установленных СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» (см. пп. 2-3 СанПиН 2.1.6.1032-01).

Таблица 4

Приземные концентрации загрязняющих веществ, создаваемые проектными источниками полигона ТКО «Славное» [6]

Код	Вещество	ПДК _{м.р.} , ПДК с.с.*, ОБУВ, мг/м ³	Расчетные максимальные концентрации (доли ПДК) в контрольных точках /без учета фона
			Санитарно-защитная зона, РТ 1-4
0123	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	0,04000	0,01
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	0,01000	0,01
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,20000	0,08
0303	Аммиак	0,20000	0,34
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,40000	менее 0,01 ПДК
0328	Углерод (Сажа)	0,15000	0,01
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,50000	0,02
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	0,00800	0,36
0337	Углерод оксид	5,00000	0,01
0342	Фториды газообразные	0,02000	менее 0,01 ПДК

0410	Метан	50,00000	0,12
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	0,20000	0,24
0621	Метилбензол (Толуол)	0,60000	0,12
0627	Этилбензол	0,02000	0,47
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	1,00e-06	менее 0,01 ПДК
1325	Формальдегид	0,05000	0,23
1328	Пентандиаль (Глутаровый альдегид)	0,03000	менее 0,01 ПДК
2732	Керосин	1,20000	
2754	Углеводороды предельные C12-C19	1,00000	
2902	Взвешенные вещества	0,50000	0,02
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,30000	0,3
2930	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	0,04000	0,06
2936	Пыль древесная	0,50000	0,18

Показатели выброса основных компонентов свалочного газа на 1 м² участка складирования отходов полигона ТКО «Славное» представлены в таблице 5.

На полигоне «Славное» проводятся мероприятия по снижению негативного влияния выбросов в атмосферу – работы по обезвреживанию, уплотнению и изоляции отходов. С целью оценки эффективности используемой технологии проведено сравнение с данными по выбросам в атмосферу загрязнений свалкой в районе г. Старица (табл. 5).

Таблица 5

Масса выброса основных компонентов свалочного газа на 1 м² участка складирования отходов [5]

Загрязняющее вещество	Масса выброса ЗВ, т/м ² в год	
	Полигон ТБО в д. Славное (площадь участка складирования – 385843,5 м ²)	Свалка вблизи г. Старицы (площадь участка складирования – 30268 м ²)
Аммиак	0,00003	0,000054
Дигидросульфид (Сероводород)	0,0000016	0,0000026
Метан	0,00315	0,00535
Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	0,00003	0,000045
Метилбензол (Толуол)	0,00004	0,00007
Этилбензол	0,000006	0,0000096
Формальдегид	0,000006	0,0000097

Сравнительный анализ массы выбросов загрязняющих веществ показал, что действенным методом по защите атмосферного воздуха от эмиссионных загрязнений со стороны полигона ТКО «Славное» выступает проведение работ по мусоросортировке, обезвреживанию, уплотнению и изоляции отходов. Послойное складирование толщ отходов с последующим уплотнением промежуточным изолирующим слоем является важной частью процессов обезвреживания и захоронения отходов производства и потребления. Такая технологическая операция зарекомендовала себя как эффективный способ защиты атмосферного воздуха от загрязнений. Объемы выбросов аммиака, сероводорода и метана на полигоне ТКО «Славное» вдвое меньше, чем аналогичные показатели на свалке вблизи г. Старицы, где подобные технологические мероприятия не были проведены.

С целью предотвращения загрязнения окружающей среды сверх установленных нормативов руководством полигона ТКО «Славное» был организован производственный контроль соблюдения показателей предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу источниками рассматриваемого объекта. Данные о динамике фактических концентраций загрязняющих веществ от тела полигона ТКО «Славное» представлены на графиках (рис. 2, 3, 4).

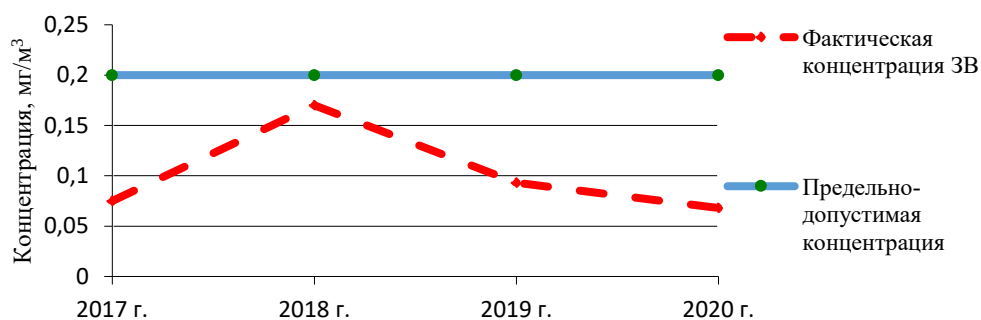


Рис. 2. Концентрация аммиака в выбросах от тела полигона ТКО «Славное» за период 2017–2020 гг. (составлено по данным [7])

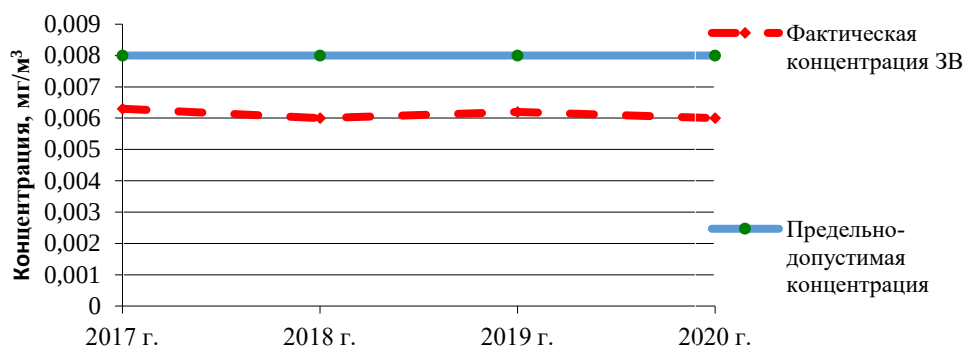


Рис. 3. Концентрация сероводорода в выбросах от тела полигона ТКО «Славное» за период 2017–2020 гг. (составлено по данным [7])

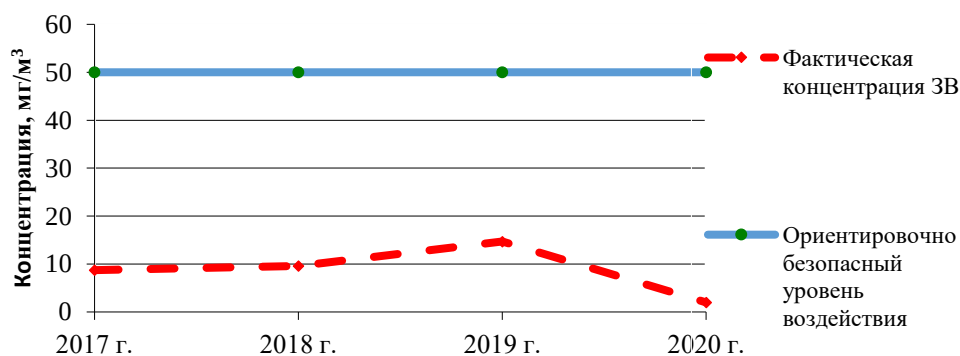


Рис. 4. Концентрация метана в выбросах от тела полигона ТКО «Славное» за период 2017–2020 гг. (составлено по данным [7])

Таким образом, в пределах полигона ТКО «Славное» не регистрируется превышение ПДК загрязняющих атмосферу веществ. В 2018 г. было отмечено увеличение концентрации аммиака в 2,1 раза по сравнению со средним значением за срок наблюдений ($0,078 \text{ мг/м}^3$), однако данное значение также не превысило значение ПДК. Концентрация метана в период с 2017 по 2019 гг. постепенно возрастала, однако в 2020 г. его содержание стало минимальным за весь период наблюдений. Фактические концентрации таких веществ, как диметилбензол (ксилол), метилбензол (толуол), этилбензол в 2017 г. составляли менее $0,05 \text{ мг/м}^3$, а формальдегида – $0,029 \text{ мг/м}^3$. Предельно допустимые концентрации этих веществ не были превышены, за исключением концентрации этилбензола (в два раза больше ПДК). В последующие годы контроль по этим веществам не проводился.

Помимо контроля на источниках выброса загрязняющих веществ в атмосферу, ежегодно проводится мониторинг содержания вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (на границе СЗЗ). Результаты мониторинга представлены в табл. 6.

Таблица 6

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны полигона ТКО «Славное» [5]

Наименование загрязняющего вещества	Концентрация загрязняющего вещества, мг/м ³				Используемый критерий	Значение критерия, мг/м ³
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.		
Аммиак	0,039	0,045	0,041	0,041	ПДК м/р	0,2
Дигидросульфид (Сероводород)	Менее 0,006	Менее 0,006	Менее 0,006	Менее 0,006	ПДК м/р	0,008
Метан	-	2,01	Менее 2,0	Менее 2,0	ОБУВ	50
Примечание: - контроль не производился						

Данные мониторинга позволяют сделать вывод о том, что концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на источниках выброса и на границе санитарно-защитной зоны полигона не превышали значений ПДК, что свидетельствуют об эффективной и стабильной работе полигона ТКО «Славное».

Выводы

Таким образом, анализ эмиссии загрязняющих веществ с территории полигона ТКО «Славное» показал, что объемы выбросов загрязняющих веществ не превышали установленных нормативов.

Основной объем загрязнений, поступающих в атмосферу с полигона ТКО «Славное», приходится на вещества, для которых определены ОБУВ – метан, пыль абразивная и древесная (более 95% от общего объема выброса).

Расчетные значения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на источниках выброса и на границе санитарно-защитной зоны полигона не превышают значения ПДК.

Данные мониторинга содержания вредных веществ в атмосферном воздухе свидетельствуют о том, что в 2017–2020 гг. в пределах полигона ТКО «Славное» не регистрируется превышение ПДК загрязняющих атмосферу веществ (метан, аммиак, дигидросульфид (сероводород), диметилбензол (ксилол), метилбензол (толуол), формальдегид), за исключением этилбензола, концентрация которого в 2017 году была превышена более чем в два раза. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе

санитарно-защитной зоны полигона ТКО «Славное» (500 м) за период 2017–2020 гг. не превышали значений ПДК.

Показатели выброса основных компонентов (аммиак, сероводород, метан) свалочного газа, приходящиеся на 1 м² участка складирования отходов полигона ТКО «Славное» в два раза ниже, чем аналогичные показатели на свалке вблизи г. Старицы, что можно связать с современными технологическими мероприятиями, проводимыми на полигоне.

Таким образом, воздействие на атмосферный воздух полигона ТКО «Славное» находится в допустимых пределах. Качество атмосферного воздуха в районе полигона ТКО соответствует обязательным гигиеническим требованиям к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест, установленным СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».

Обоснованность опасений, связанных с вероятным негативным воздействием свалочного газа на атмосферный воздух, обуславливает необходимость применения современных технологий сбора и утилизации СГ на всех полигонах ТКО.

Дальнейшее снижение негативного воздействия полигона ТКО «Славное» на атмосферный воздух возможно путем переработки свалочного газа в качестве низкоэнергетического газообразного топлива.

Список литературы

1. Абдувалова А. Д. Моделирование выброса вредных веществ с полигонов и мусорных свалок / А. Д. Абдувалова, Г. А. Сартбаева // Механика и технологии. 2015. № 4(50). С. 64–72.
2. Булекова А. А. Проблема утилизации ТКО / А. А. Булекова, С. Габдуллина // Вестник ЗКГУ. 2021. № 1(81). С. 448–454. DOI 10.37238/1680–0761.2021.81(1).49.
3. Гостищев Д. П. Ресурсосберегающие технологии в процессе утилизации ТКО и рекультивация нарушенных земель: монография / Д. П. Гостищев, Л. Г. Казакова; Д. П. Гостищев, Л. Г. Казакова; М-во сельского хоз-ва, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т природообустройства. М.: Ред.-изд. отд. МГУП, 2009. 466 с.
4. Гурвич В. И., Лифшиц А. Б. Добыча и утилизация свалочного газа – самостоятельная отрасль мировой индустрии // ЭСКО. 2005. № 5.
5. Зориков Ф.А. Магистерская диссертация «Оценка воздействия полигонов твердых бытовых отходов на экологическое состояние окружающей среды». Тверь, 2021.
6. Проектная документация. Раздел 8. «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» //11/20-02-ПМООС.ТЧ Том 8.1. СПб., 2021. URL: https://kalinin-adm.ru/files/adm/norm_act/2021/2021_174.PDF.

7. Открытые данные // Росприроднадзор. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: <https://rpn.gov.ru/opendata>.
8. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями и дополнениями).
10. Сленкин М. В. Образование диоксинов при термической утилизации ТКО / М. В. Сленкин, Н. М. Жовмир, К. А. Дрозд // Твердые бытовые отходы. 2006. № 9. С. 52–54.

Об авторах:

ПРОКОФЬЕВА Наталья Борисовна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: prokofjevanat@mail.ru), ORCID: 0000-0002-8679-4504, SPIN-код: 1838-2279.

СЕРГЕЕВ Антон Романович – студент 1 курса магистратуры факультета географии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: arsergeev2000@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5963-4126, SPIN-код: 7848-7262.

THE IMPACT OF THE "SLAVNOE" MUNICIPAL SOLID WASTE POLYGON ON THE STATE OF THE ATMOSPHERIC AIR

N.B. Prokofieva, A.R. Sergeev

Tver State University, Tver

The main objective of the study is to assess the impact of the MSW landfill on the state of atmospheric air and determine the level of its pollution by emission components. The paper analyzes the concentrations of pollutants and the volume of emissions into the atmosphere from the territory of the solid municipal waste landfill in the Tver area, equipped in accordance with the requirements of the legislation. The monitoring includes substances that are most characteristic of the process of biochemical decomposition of solid waste, namely: ammonia, hydrogen sulfide, methane, nitrogen dioxide, xylene, toluene, ethylbenzene, formaldehyde, carbon monoxide, etc. A comparative analysis of the release of landfill gas components from the body of the MSW landfill and a typical landfill was carried out.

Keywords: *municipal solid waste landfills, pollutant emissions, monitoring, landfill gas.*

Рукопись поступила в редакцию 16.01.2023
Рукопись принята к печати 23.01.2023

УДК 504.3.054 : 629.331

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-69-77>

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТВЕРИ)

Д.Д. Черемухин, О.А. Тихомиров, Л.В. Муравьева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

На основе авторских данных и выполненных расчетов проведен анализ интенсивности движения автомобильного транспорта в пределах г. Твери. Выполнены расчеты уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха согласно утвержденной методике ГОСТ Р 56162–2019, а также расчет рассеивания с использованием программы УПРЗА «Эколог».

Ключевые слова: атмосферный воздух, выбросы загрязняющих веществ, автомобильный транспорт

Введение и постановка проблемы

Транспорт представляет собой одну из наиболее существенных групп загрязнителей атмосферного воздуха. Согласно данным о распределении объема выбросов по федеральным округам России, в Центральном федеральном округе доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников составляет 43% [1]. Развитие автомобильного транспорта за последние десятилетия привело к заметному увеличению его прямого и косвенного воздействия практически на все составляющие биосферы.

За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России активно рос и увеличился с 27 млн единиц в начале 2006 г. до 53 млн к 2021 г. Среди регионов Центрального федерального округа по числу собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения Тверская область на 1 месте, превышая среднероссийский уровень – 321 автомобиль на 1 000 жителей (401,2 транспортных средства на 1000 жителей) [3].

Увеличение числа автомобилей в регионе и рост доли выбросов загрязняющих веществ, в первую очередь в пределах г. Твери, определяет актуальность исследования. В местах проведения исследования расположена жилая застройка, где проживает население, непосредственно подверженное влиянию выбросов загрязняющих веществ, которые попадают в зону дыхания человека.

Целью исследования является изучение влияния автомобильного транспорта на состояние атмосферного воздуха г. Твери. В задачи работы вошли:

© Черемухин Д.Д.,
Тихомиров О.А.,
Муравьева Л.В., 2023

- Анализ дорожной ситуации в городе Твери (выбор точек мониторинга);
- Расчет объемов выбросов загрязняющих веществ автотранспортом.

Методика исследования:

Для проведения расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта необходимо определить точки мониторинга за движением автомобилей. Так как город разделен естественными преградами в виде рек, прежде всего Волги, Тверцы и Тьмаки, а также железнодорожной линией, возникает проблема недостаточной связанности части районов города между собой. Следствием этого является затрудненное дорожное движение в часы «пик», и, соответственно, повышенное количество выбросов загрязняющих веществ на ряде магистралей.

Учитывая сложившуюся дорожную ситуацию, в ходе исследования были определены точки с наибольшей интенсивностью движения, в которых впоследствии и проводились замеры автотранспортных потоков для расчета объемов выбросов загрязняющих веществ.

Метод расчета выбросов от автотранспорта основывался на утвержденном межгосударственном стандарте – ГОСТ Р 56162–2019 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу». В результате проведенных расчетов определено содержание выбросов загрязняющих веществ (оксида углерода, оксидов азота, углеводородов, сажи, диоксида серы, формальдегида, бензапирена) с использованием представленных в методике формул.

После проведенного расчета выбросов загрязняющих веществ, полученные результаты были занесены в компьютерную программу УПРЗА «Эколог» с целью определения непосредственного объема выбросов в приземном слое атмосферного воздуха (в $\text{мг}/\text{м}^3$) и сравнения результатов с установленными предельно-допустимыми концентрациями содержания загрязняющих веществ. Программа предназначена для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и позволяет рассчитать максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере без учета влияния застройки в соответствии с Методами МРР-2017 и ОНД-86 [2]. Расчет проводился согласно методике, утвержденной приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июня 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (методика МРР-2017). В качестве исходных данных программа УПРЗА «Эколог» использует предварительно рассчитанные мощности выбросов загрязняющих веществ, полученные путем измерений на источнике или расчетным путем [2]. Результатом расчета являются значения приземных

концентраций в расчетных точках в $\text{мг}/\text{м}^3$ или в долях ПДК. Кроме того, существует возможность построения карт изолиний приземных концентраций вредных веществ на местности в любом заданном пользователем масштабе.

Расчет рассеивания выполнялся для 6 веществ, являющихся наиболее распространенными при эксплуатации автомобильного транспорта: азота диоксид (азот (IV) оксид) (код 301), углерод (Сажа) (код 328), серы диоксид (ангидрид сернистый) (код 330), углерода оксид (код 337), смесь углеводородов предельных C1-C5 (код 415), формальдегид (код 1325).

Для расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ были выбраны 2 наиболее загруженных перекрестка по результатам проведенного исследования: пересечение Волоколамского проспекта с проспектом Победы и пересечение Комсомольского проспекта с улицей Горького. Расчет в точках был проведен для утренних и вечерних пиковых часов и в обеденное время (8:30, 12:30, 17:30).

Результаты исследования

В ходе проведения расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ во всех точках сформировалась единообразная картина вклада химических веществ в загрязнение атмосферного воздуха. В зонах наиболее высокого скопления автомобильного транспорта в пределах перекрестков зафиксированы максимальные концентрации загрязняющих веществ. На рис.1 представлена диаграмма средних показателей максимально-разовых предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в точках проведения расчетов.

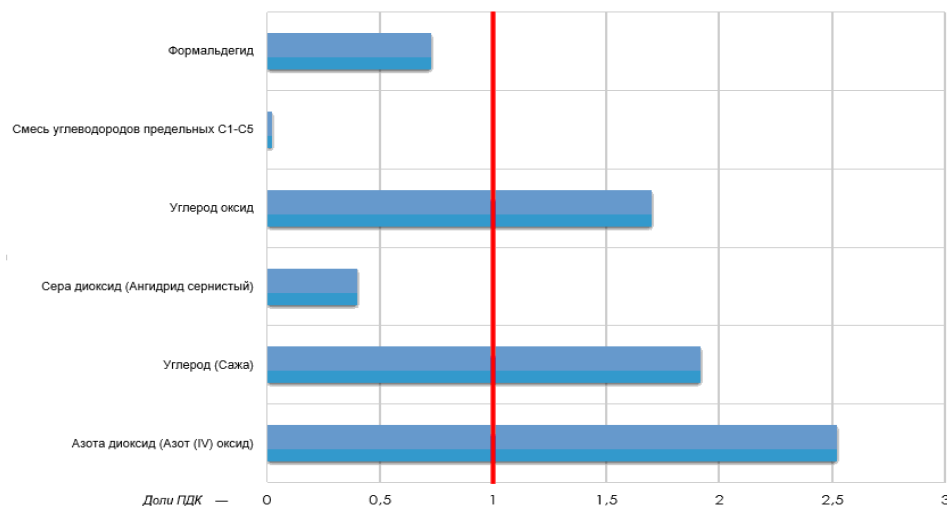


Рис. 1. Максимально-разовые концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК (м.р.) в точках проведения расчетов

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит диоксид азота. Во всех точках во все периоды времени (утреннее, дневное, вечернее) зафиксировано превышение предельно-допустимых концентраций данного вещества (от 1,60 до 3,09 ПДК м.р.). Кроме того, помимо диоксида азота во всех случаях превышены максимально-разовые ПДК по содержанию оксида углерода, но в меньших количествах по сравнению с диоксидом азота (1,16–2,62 ПДК (м.р.). Содержание углерода (сажи) в зависимости от времени и точки проведения расчета колеблется от 0,9 до 2,5 ПДК (м.р.). Содержание таких веществ, как сернистый ангидрид, смесь предельных углеводородов, не превышала установленные нормативы ни в одном из вариантов расчетов, превышение ПДК по формальдегиду зафиксировано только в одном из случаев.

Максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха на данном перекрестке фиксируются в пиковые часы – утром и вечером. Превышения предельно-допустимых концентраций выявлены по таким веществам, как диоксид азота (Азот (IV) оксид), углерод (сажа), оксид углерода, формальдегид.

В утренний час «пик» наибольший вклад в загрязнения вносит диоксид азота (максимальная концентрация – 0,57 мг/м³ или 2,84 ПДК), оксид углерода (максимальная концентрация – 13,1 мг/м³ или 2,62 ПДК), углерод (сажа) (максимальная концентрация – 0,34 мг/м³ или 2,29 ПДК). Вклад остальных веществ не так велик, превышений ПДК для смеси углеводородов, диоксида серы (ангидрида сернистого) и формальдегида в указанный период времени не установлено.

В табл. 1, сформированной на основе данных компьютерной программы «Эколог 4.60», отображены результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Волоколамского проспекта с проспектом Победы в вечерний час «пик».

Таблица 1

Результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Волоколамского проспекта и проспекта Победы

Код	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация (доли ПДК)	Максимальная концентрация (мг/м ³)
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2	3,09	0,62
328	Углерод (Сажа)	0,15	1,90	0,29
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,5	0,21	0,10
337	Углерод оксид	5	2,28	11,39
415	Смесь углеводородов предельных C1-C5	200	0,01	2,43
1325	Формальдегид	0,05	0,20	0,01

Для каждого из веществ в программе «Эколог 4.60» существует возможность создания карты-схемы рассеивания выбросов загрязняющего вещества. На рис. 2 представлен результат расчета рассеивания выбросов оксида углерода в вечерний час «пик».

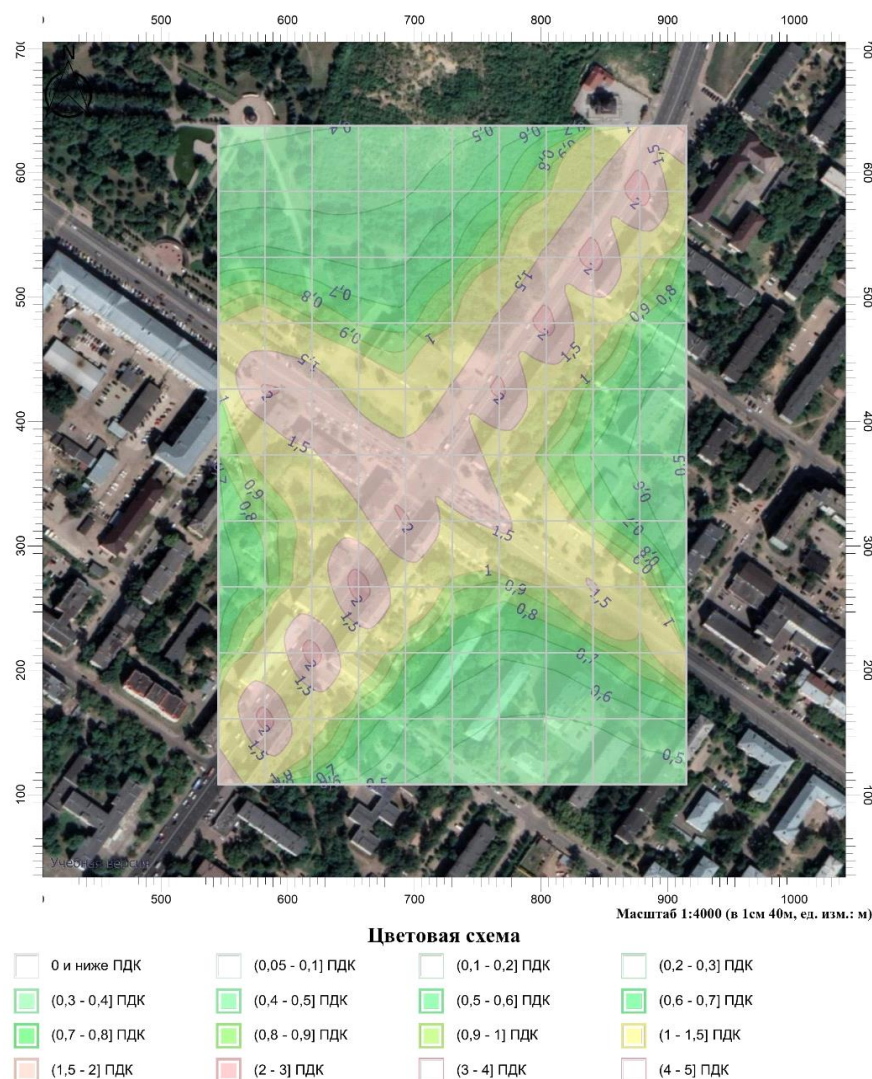


Рис. 2. Рассеивание выбросов оксида углерода в период вечернего часа «пик» на пересечении Волоколамского проспекта с проспектом Победы

Как и в случае с другими веществами, максимальные концентрации наблюдаются в пределах проезжей части дороги. Вместе с тем, порог превышения ПДК находится на значительном (около 50 м) расстоянии от центра проезжей части и затрагивает окружающую жилую застройку. Основная масса выбросов пролегает вдоль Волоколамского проспекта и вдоль проспекта Победы на его западном участке, что

связано с пиковыми нагрузками на улично-дорожную сеть в конце рабочего дня.

Максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха на пересечении Комсомольского проспекта и улицы Горького фиксируются в пиковые часы. Превышения предельно-допустимых концентраций выявлены по таким веществам, как диоксид азота (Азот (IV) оксид), углерод (сажа), оксид углерода, формальдегид.

В табл. 2 представлены результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Комсомольского проспекта с улицей Горького в утренний час «пик».

Таблица 2

Результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Комсомольского проспекта и ул. Горького

Код	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация (доли ПДК)	Максимальная концентрация, мг/м ³
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2	2,99	0,60
328	Углерод (Сажа)	0,15	2,53	0,37
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,5	0,47	0,23
337	Углерод оксид	5	1,50	7,00
415	Смесь углеводородов предельных C1-C5	200	0,03	5,91
1325	Формальдегид	0,05	1,50	0,07

Во все временные периоды наибольший вклад в загрязнения вносит диоксид азота (максимальная концентрация – 0,60 мг/м³ или 2,99 ПДК в утренний час «пик»), оксид углерода (максимальная концентрация – 7,30 мг/м³ или 1,50 ПДК в вечерний час «пик»), углерод (сажа) (максимальная концентрация – 0,37 мг/м³ или 2,53 ПДК в утренний час «пик»). Кроме того, в утренний период также зафиксировано превышение ПДК по формальдегиду (0,07 мг/м³ или 1,5 ПДК). Превышений установленных нормативов для смеси углеводородов и диоксида серы (ангидрида сернистого) на данном перекрестке не установлено.

На рис. 3 представлены результаты расчета рассеивания по формальдегиду в утренний час «пик». Максимальные концентрации, превышающие установленные нормативы, наблюдаются в западной части улицы Горького в пределах проезжей части дороги.

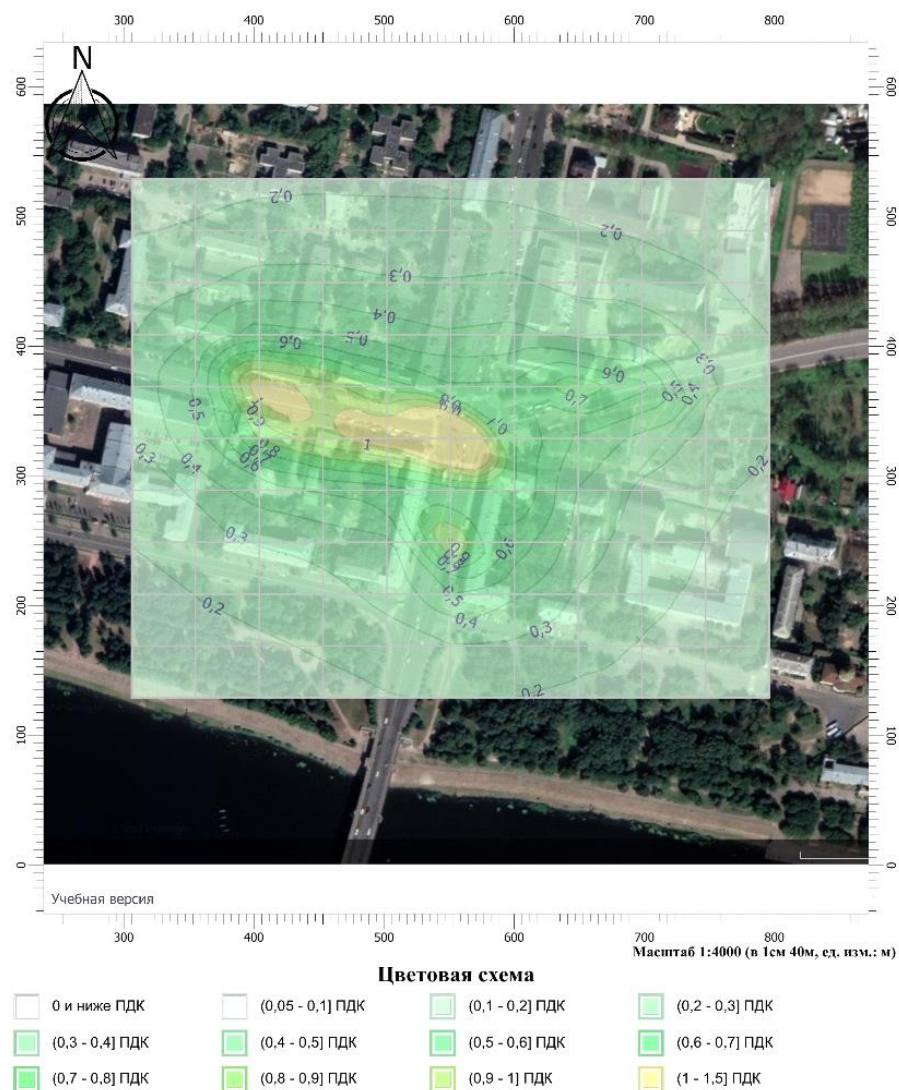


Рис. 3. Рассеивание выбросов формальдегида в период утреннего часа «пик» на пересечении Комсомольского проспекта с улицей Горького

Выводы

В ходе исследования был произведен расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с целью определения непосредственного объема выбросов в приземном слое атмосферного воздуха (в мг/м^3) и сравнения полученных результатов с установленными предельно-допустимыми концентрациями содержания загрязняющих веществ.

Расчет рассеивания был выполнен для двух наиболее загруженных перекрестков города Твери (выбранных в результате

натурного обследования автотранспортных потоков): пересечения Комсомольского проспекта с улицей Горького и пересечения Волоколамского проспекта с проспектом Победы.

По результатам расчетов на данных перекрестках установлены превышения предельно-допустимых концентраций диоксида азота (от 1,60 до 3,09 ПДК м.р.), оксида углерода (1,16–2,62 ПДК м.р.), углерода (сажи) (от 0,9 до 2,5 ПДК м.р.). Максимальные концентрации веществ фиксируются в пределах проезжей части дороги и, в отдельных случаях, распространяются на зону жилой застройки.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
2. Фирма «Интеграл», программа УПРЗА «Эколог», руководство пользователя [Электронный ресурс] / Фирма «Интеграл». 2021. Режим доступа: https://integral.ru/Integral/userguides/uprza_ecolog45.pdf (дата обращения: 15.08.2022).
3. Число собственных легковых автомобилей по субъектам Российской Федерации (на 1000 человек населения) [Электронный ресурс]/ Федеральная служба государственной статистики. 2021. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/DDFfgtCb/t3-4.xlsc> (дата обращения: 15.08.2022).

Об авторах:

ЧЕРЕМУХИН Дмитрий Дмитриевич – аспирант кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: ddcheremuhin@edu.tversu.ru), ORCID: 0000-0003-1002-6741. SPIN-код: 7344-5002.

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: tikhomirovoa@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

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

CALCULATION OF AUTOMOBILE TRANSPORT EMISSIONS INTO ATMOSPHERIC AIR (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF TVER)

D.D. Cheremukhin, O.A. Tikhomirov, L.V. Muraveva

Tver State University, Tver

Based on our own collected data and performed calculations in 2022. The analysis of the intensity of traffic of motor transport within the city of Tver was carried out, calculations of the level of pollution of the surface layer of atmospheric air were performed according to the approved methodology. The calculation of dispersion was performed using the software program "Ecolog".

Keywords: *air, emissions of pollutants, motor transport*

Рукопись поступила в редакцию 15.01.2023

Рукопись принята к печати 24.01.2023

Социально-экономическая география

УДК 911.375.4

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-78-89>

КРУПНЫЙ ПОРТОВЫЙ ГОРОД: РОЛЬ В СТРУКТУРЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РАССЕЛЕНИЯ

Т.И. Лисенкова, С.И.Яковлева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Цель исследования – определение роли крупного портового города в структуре расселения региона особого географического типа «река – море». Исследование выполнено на примере Одесской области и Одессы. Назначение и историческая роль Одессы – «ворота» в Чёрное и Средиземное моря. При этом это важнейший центр регионального расселения, ядро городской агломерации и портовой агломерации на территории приморского региона.

Ключевые слова: Одесса, Одесская область, приморский регион, структура расселения.

Введение и постановка проблемы

Для определения особого типа географического положения старых портовых городов Одесской области обратимся к опыту оценки фактора положения С.В. Рогачёва [8]. В оценках учтено гидрографическое положение стран мира: приустьевые страны, страны средних течений, приводораздельные, страны-бассейны, страны-перевалы, страны «река $\Rightarrow$ море», страны двух и более морских фасадов. Для оценки фактора положения *регионов и городов* добавляем еще один тип – «**река – море**». Так, Одесская область имеет выход к Чёрному морю по крупным рекам Днестр и Дунай, которые впадают в него (на территории региона). При этом речные порты Одесской области расположены выше устья, морские порты – в устьях рек.

Исторически фактор устьевого причерноморского положения был обоснованием для создания Одессы как портового города и крепости (1794 г.) в интересах Российской Империи (рис.1). Позднее старый порт был дополнен глубоководными современными портами Черноморск (1958 г. с названием «Ильичёвск») и Южный (1978 г.). Подробно о параметрах портовых городов Одесской области см. в работе Лисенковой Т.И. [4].

В данном исследовании предпринята попытка оценки роли крупного портового города (Одесса) в формировании систем расселения,

© Лисенкова Т.И.,
Яковлева С.И., 2023

в том числе городской агломерации. При множественности портовых городов в регионе, есть возможность проверить соотношение в системе «мощность порта – людность портового города», выявить зону влияния крупного порта на прилегающую территорию.

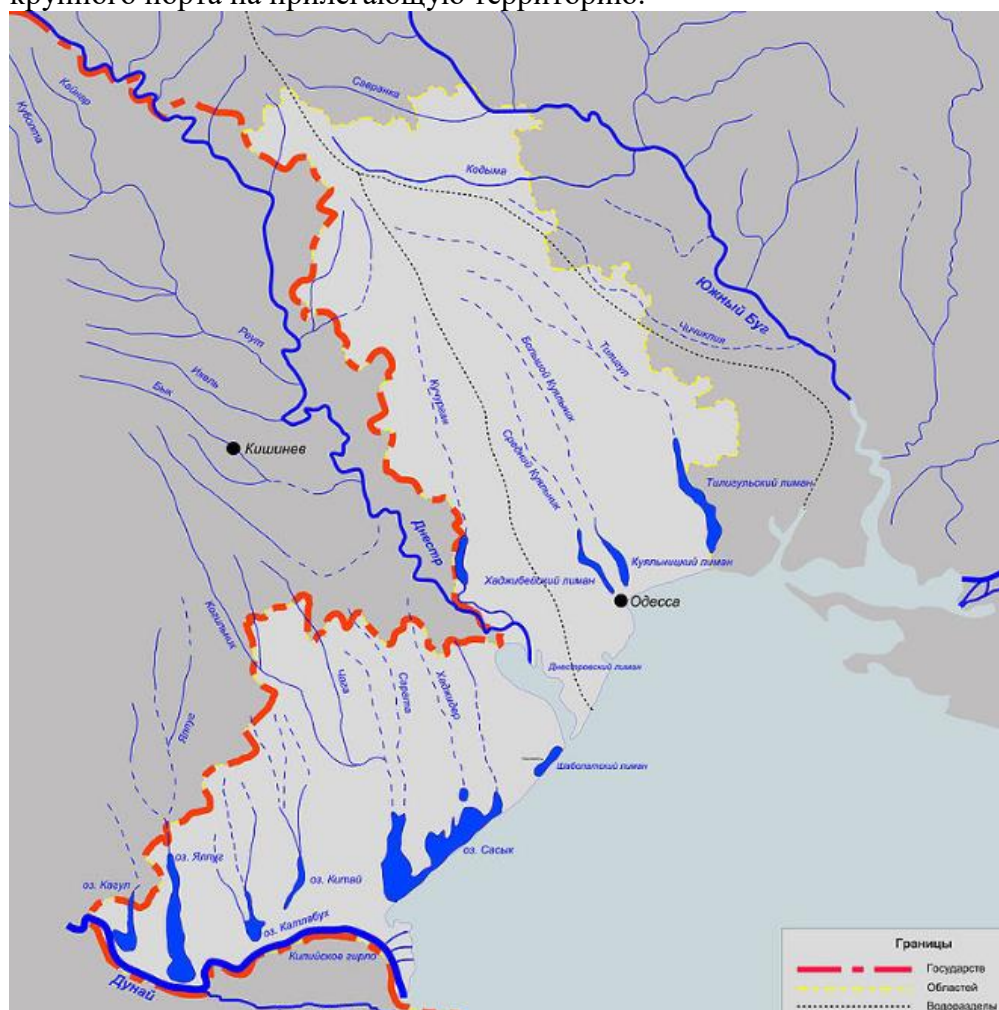


Рис. 1. Междуречное множественное устьевое приморское (причерноморское) географическое положение Одесской области
[3, название карты авторское]

В современных рейтингах глобальных городов мира Одессы нет [2]. При этом город исторически устойчиво выполняет функцию черноморского порта – города-ворот, открывающего путь к Средиземноморью.

Результаты исследования

Одесская область с 2020 г. включает в себя 7 районов (вместо 26), только 3 из них – приморские (рис.2). Проект укрупнения районов до 4-х был предложен в 2020 г. (рис.3).

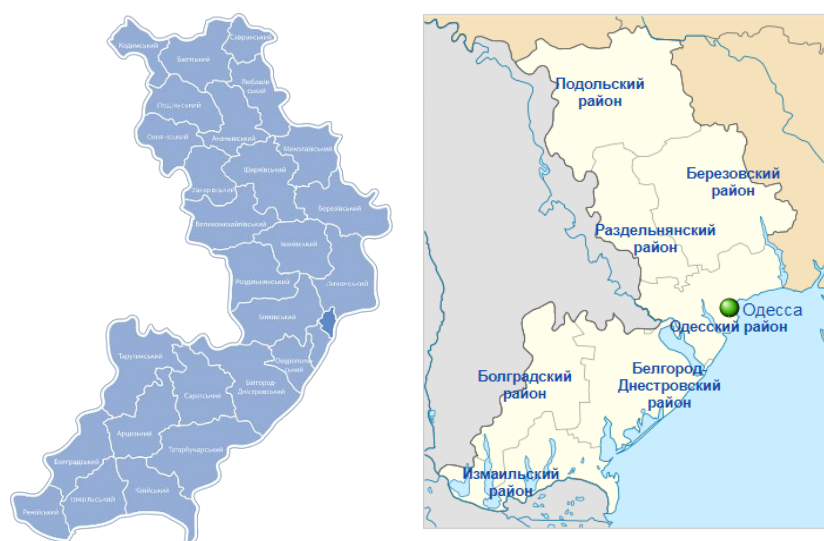


Рис. 2. Районы Одесской области до и после реформы: с 17 июля 2020 г. [9]

Районы в свою очередь делятся на городские, поселковые и сельские территориальные общины. *Территориальная община* – базовая территориальная единица Украины, введённая в рамках административно-территориальной реформы 2015–2020 гг., с полномочиями по решению вопросов местного значения. Основные типы территориальных общин: городские общины с центром в городе (районы в городах являются территориальными единицами, не формирующими собственных органов управления), поселковые общины с центром в посёлке городского типа, сельские общины с центром в сельском населённом пункте – селе. Одесская область имеет наиболее *структурированное расселение* по общему числу территориальных общин (с максимальным количеством поселковых и особенно сельских), а также является первой по количеству населённых пунктов среди всех регионов Украины (табл.1).

Таблица 1
Количество общин по их типам в Одесской области [6]

по типам общин			Всего
городские	поселковые	сельские	
19	25	47	91

Одесса – административный центр Одесской области, Одесского района и Одесской городской общины.

Проектная карта (рис.3) наглядно показывает объективность укрупнения районов с созданием 4-х объединённых районов (вместо 7)

по принципу равной территориальной доступности центров. При таком объединении проявилась внутренняя *транспортная периферия* только у 2-х районов – Одесского (северная) и Белгород-Днестровского (западная). Карта даёт возможность увидеть *территориально ограниченное влияние Одессы* в северном направлении и широкое агломерированное влияние в южном направлении по оси портов Одесса – Черноморск.

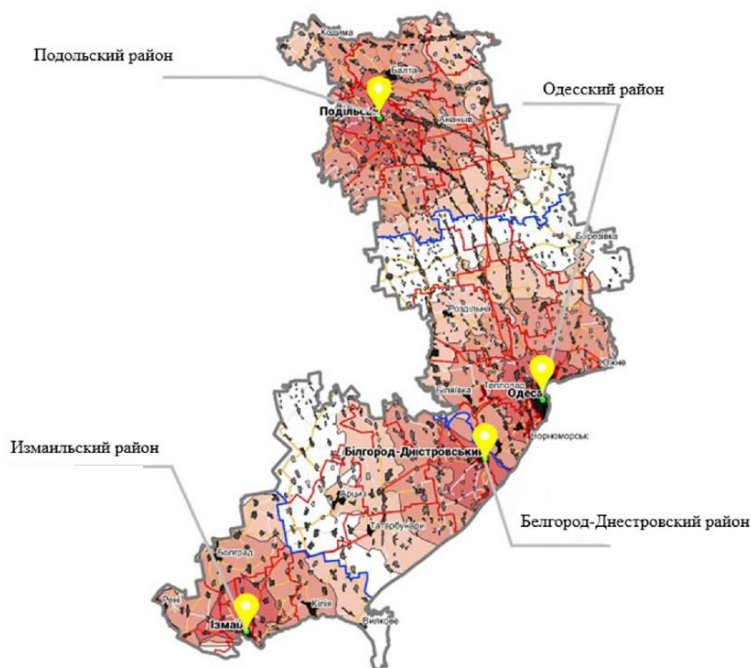


Рис. 3. Административно-территориальное деление Одесской области, проект укрупнения районов, 2020 г. [6]

Условные обозначения (в авторском переводе на русский язык):

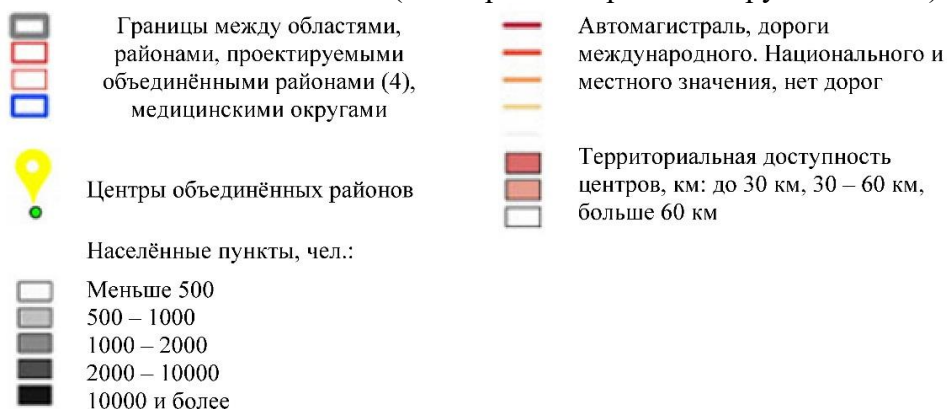


График динамики численности населения города (рис.4) демонстрирует стабильный темп роста, начиная с 2016 г. по 2019 г. и

резкий спад на фоне пандемии и эмиграции с 2021 г. Тип динамики численности населения 2016–2022 гг. – *колебательная динамика со значительным современным уменьшением численности населения.*

Отток населения наблюдается и в самом регионе, однако здесь отрицательная динамика стала проявляться с 2018 года (рис.5).

Таблица 2

Динамика численности населения Одессы и Одесской области [5,10]

Года	Одесса (тыс. чел)	Одесская область (тыс. чел)
2016	1010,8	2379,2
2017	1010,7	2375,5
2018	1011,4	2 383,1
2019	1013,1	2 380,3
2020	1017,6	2 377,2
2021	1015,8	2 368,1
2022	1010,5	2 351,4

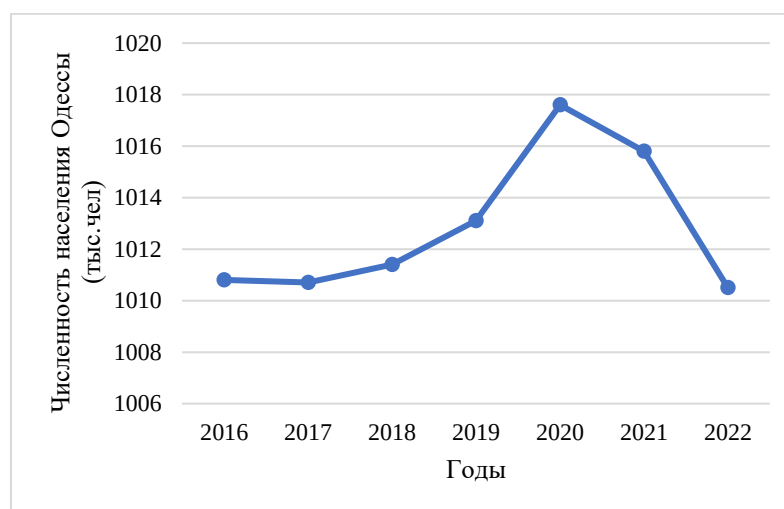


Рис. 4. Динамика численности населения г. Одессы

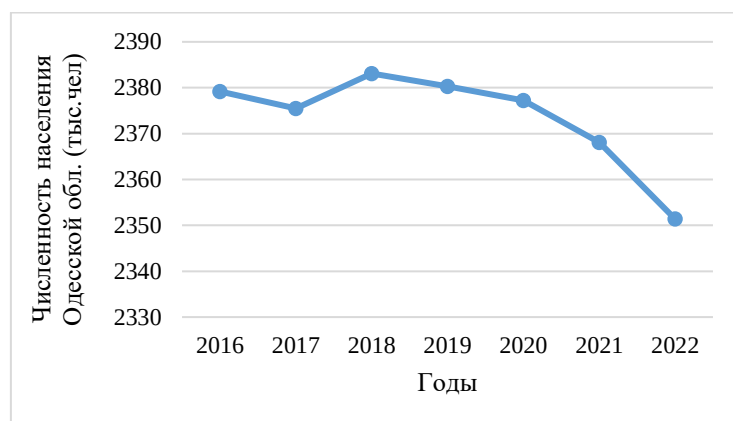


Рис. 5. Динамика численности населения Одесской области

В Одесской области 52 городских населённых пункта, в том числе 7 – с численностью населения до 2 тыс. человек, 29 – от 2 до 10 тыс. жителей, 8 – от 10 до 20 тыс. чел., 4 – от 20 до 50 тыс. чел., 4 – более 50 тыс. населения. *Урбанистическая структура расселения* характеризуется доминированием малых городских поселений (48 из 52). Одесса – самый крупный город региона, 3 города средних – 50–72 тыс. чел. Это значит, что только 3 района Одесской области (из 7) возглавляют средние города и один – пригородный район – город-миллионер. Крупный морской город-порт Одесса – единственный административный центр и центр региональной системы расселения. Центрами еще двух районов являются средние по людности города-речные порты (табл.3).

Таблица 3

Численность и плотность населения в районах Одесской области, людность районных центров (составлено по [1])

№	Районы Одесской области				Районные центры (жирным шрифтом выделены портовые города)	
	Районы	Население, всего, чел. (2021 г.)	Площадь (км ²)	Плотность населения, чел./км ²	Города	Людность (чел.)
1	Одесский	1 382 541	3922,8	376,4	*Одесса	1 015 826
2	Белгород-Днестровский	198 572	5220,6	38,04	Белгород-Днестровский	47 727
3	Измайльский	207 333	3434,4	60,37	Измаил	73 377
4	Березовский	106 490	5551,6	19,2	Березовка	9 347
5	Болградский	146 424	4559,4	32,12	Болград	17 082
6	Подольский	224 163	7063,6	31,73	Подольск	40 664
7	Раздельнянский	102 584	3564,4	27,46	Раздельная	17 615
	Всего	2 368 107	33 314	72	Всего	1 221 638

***Одесса:** численность населения на 1 января 2021 года – 1 015 826 человек (около половины населения Одесской области – это индикатор *поляризованного расселения региона*), в пределах агломерации проживает свыше 1,3 млн чел.

Таблица 4

Основные параметры расселения в районах Одесской области

	Районы (жирным шрифтом выделены районы с портовыми городами)	Сеть городских поселений в районах							Сельская поселенческая сеть				
		Города			ПГТ			Всего		Сеть, ед.		Общее кол-во СНП, ед.	Сельское население,
		Ед.	Население, всего	Людность городов	Ед.	Население, всего	Людность ПГТ	Ед.	Население, всего	села	посёлки		
1	Одесский	5	1 128 036	10-58 тыс. чел.	6	47706	2-13 тыс. чел.	11	1175742	11		11	206799
2	Белгород-Днестровский	2	58 660	10-50 тыс. чел.	2	9272	2-5 тыс. чел.	4	67932	55	1	56	124640
3	Измайльский	4	156 529	12-70 тыс. чел.	1	11 994	11 тыс. чел.	5	168523	22		22	388 10
4	Березовский	1	9 347	9 тыс. чел.	4	14716	2-6 тыс. чел.	5	24063	63		63	824 27
5	Болградский	2	29760	14-29 тыс. чел.	2	7696	1-5 тыс. чел.	4	37456	18		18	108786
6	Подольский	4	79474	9-40 тыс. чел.	5	25573	1-8 тыс. чел.	9	105047	59	6	65	119116
7	Раздельнянский	1	17751	17 тыс. чел.	5	24383	2-7 тыс. чел.	6	42134	84		84	60450
	Всего	19	1 323 028		25	148 662		44	1 620 897	312	7	319	741 028

Итак, только 3 (из 8) портовых городов Одесской области выполняют центральные функции как центры своих районов. Остальные портовые города региона выполняют функции центров своих городских общин (центры обслуживания своих портовых городов и их окрестностей) – табл.3. Параметры в табл. 4 отражают крайне неравномерное внутрирегиональное расселение, где районы, возглавляемые портовыми городами, отличаются повышенной плотностью населения и имеют более густую сеть городских и сельских населенных пунктов. Также города-порты отличаются наибольшей людностью городов и ПГТ. Самый крупный район по людности – пригородный Одесский район, в его составе средние и малые города. Малые и средние города есть также в Белгород-Днестровском и Измаильском районах. В остальных районах – только малые города. Для сельской поселенческой сети характерны две формы расселения – сёла и посёлки. Средняя людность – 2 тыс. чел. Доля городского населения Одесской области составляет 52%. Одесса – крупнейший, полифункциональный город, промышленный, транспортный, портовый, торговый центр и туристский город. Приморские города Измаил, Белгород-Днестровский и Подольск (ранее Котовск) похожи по основным функциям (промышленные, транспортные, портовые и др.).

В составе формирующейся Одесской *городской моноцентрической агломерации* преимущественно города-порты: Южный, Черноморск, Белгород-Днестровский, Одесса, а также сельский пригород Одессы, города Теплодар и Беляевка. Радиус *городской агломерации* – 80–90 км от центра Одессы до Белгород-Днестровского – рис.6, табл. 3, 4 [4]. Города-порты Одесской области (морские и речные – всего 8) образуют *портовую полицентрическую агломерацию*. В её составе морские и придунайские портовые города с морехозяйственной специализацией – Измаил, Рени, Килия [4].

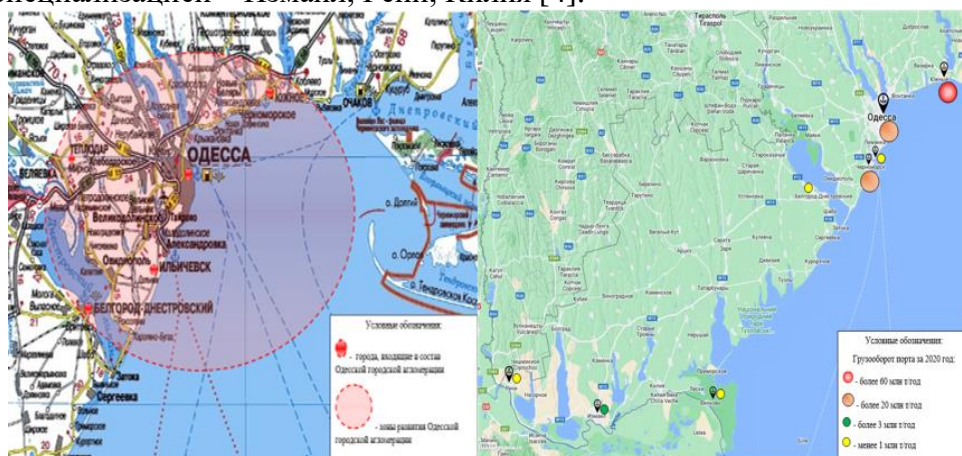


Рис. 6. Одесская городская и портовая агломерации [4]

Соотношение численности населения портовых городов Одесской области и мощности (грузооборота) портов показал отсутствие прямой линейной зависимости (рис.6). Равные по грузообороту порты Одесса и Черноморск несопоставимы по людности своих городов: миллионер Одесса и средний город (менее 59 тыс. чел.). Самый крупный порт – Южный, превышающий по грузообороту Одессу более чем в 2 раза, является малым городом (менее 35 тыс. чел.). Два молодых портовых города – Южный (1978 г.) и Черноморск (1958 г., бывший Ильичёвск). Все речные портовые города (преимущественно старые) – это малые и средние по людности поселения.

Радиус портовой агломерации Одесской области (8 портов – табл.5) составляет приблизительно 350 км (рис.6). Численность населения 1,2 млн человек. Суммарный грузооборот портов в 2020 году составил более 113,217 млн т. При этом более 50% приходится на Южный морской порт. Таким образом, пространственно портовая Одесская агломерация значительно больше городской [4].

Таблица 5

Параметры портов, входящих в портовую и городскую агломерации «Большой Одессы» (составлено автором)

Порты Одесской области (города-порты)	Параметры портов и городов-портов								
	Численность населения города (2020 г.)	Площадь города, км ²	Расстояние до Одессы, км	Наземная площадь порта, га	Грузооборот порта (2020 г.), млн т	Максимальная глубина у причала, м	Кол-во причалов	Длина причала, м	Пропускная способность порта, млн т
Одесский порт (Одесса)	1017699	236,9	0	141	23,29 млн т	13	54	10200	50
Южный порт (Южное)	32707	10,42	49	400	61,66 млн т	18	32	2700	15
Черноморский морской порт (Черноморск)	58934	21,24	27	346	23,88 млн т	14	29	6000	32
Белгород-Днестровский порт (Белгород-Днестровский)	57 210	19,1	81	64,5	75,3 тыс. т	4,5	9	1196,5	1

Ренийский порт (Рени)	18 320	15,2	306	0,1	786 тыс. т	12	39	3743	14,5
Измайльский порт (Измаил)	71 299	53,5	245	107,5	3,24 млн т	7,5	24	2619	8,5
Усть-Дунайский порт (Вилково)	8 570	4,6	213	15	24,4 тыс. т	8	1	150	4
Черноморский рыбный порт (Бурлачья Балка)	1063	2,87	21	37	262 тыс. т	10,5	10	1130	2

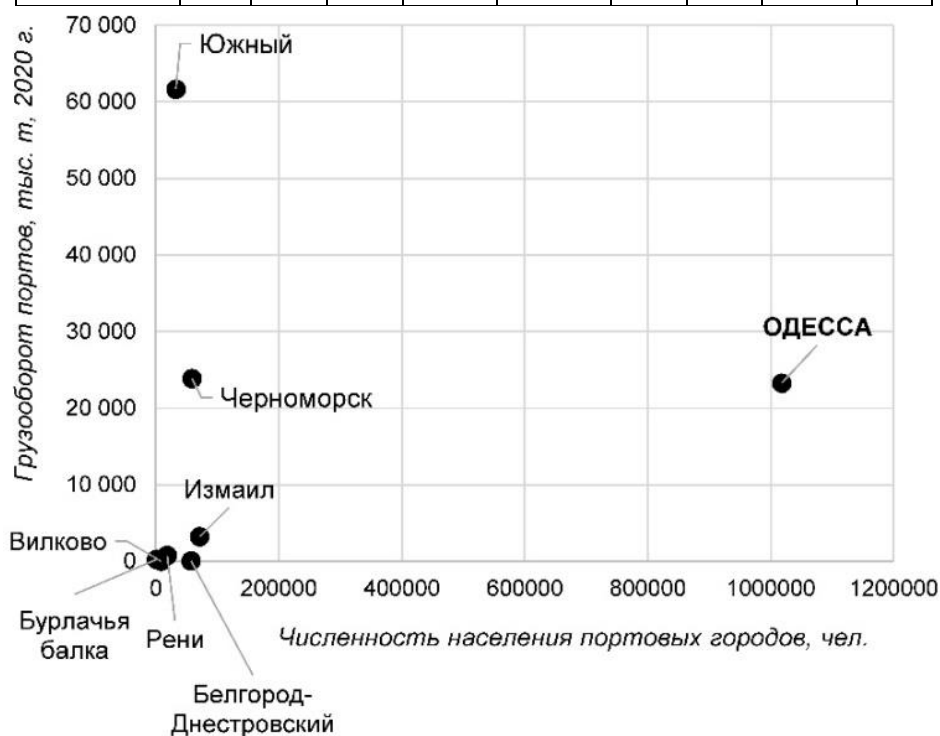


Рис. 7. Соотношение численности населения портовых городов и мощности (грузооборота) портов Одесской области, 2020 г.

Выводы

Одесская область как приморский регион относится к типу «река-море», поэтому особое место занимают речные и морские портовые города как центры исторически сложившегося и нового расселения. Центральное положение в структуре расселения региона принадлежит крупному портовому городу Одесса: самый большой по численности

населения (город-миллионер) и самый крупный центр обслуживания. Наибольшее влияние город оказывает на пригородный район. Здесь самая высокая (среди 7 районов) заселённость территории за счет высокой плотности населения и густой сети городских поселений (городов и ПГТ). Одесса – ядро формирующейся в пределах пригорода агломерации. Молодые морские порты-спутники Одессы как более мощные по объемам грузооборота не смогли сформировать такие же значительные по людности города. Развитая (структурированная) система городского и сельского расселения характерна для всех районов, возглавляемых портовыми городами.

Исследование доказало активную (центральную) роль крупного портового города в региональной системе расселения.

Список литературы

1. Главное управление статистики в Одесской области URL: <http://od.ukrstat.gov.ua/>.
2. Готовность к буре: Глобальный отчет о городах 2022 г. URL: <https://www.kearney.com/global-cities/2022>.
3. Карта водных ресурсов Одесской области URL: <https://ru.wikipedia.org/>.
4. Лисенкова Т.И. Пространственное соотношение портовой и городской Одесской агломерации// X Всероссийская студенческая научно-практическая конференция «География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов». Тверь: ТвГУ, 2022. С.125–128.
5. Население Украины Одесская обл. URL: <https://index.minfin.com.ua/reference/people/odesskaya/>.
6. Новый вариант административной реформы для Одесской области предусматривает четыре района 2019 г. URL: <https://odessa.dozor.ua/news/1215104>.
7. Общины Украины URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
8. Рогачев С.В. Каскадная стратификация стран мира: гипсометрический базис общественных надстроек // Региональные исследования. 2015. №2 (48). С.73–85.
9. Четыре, пять, шесть: сколько все-таки будет районов в Одесской области? URL: http://newspapers.od.ua/od_zhizn/2557-chetyre-pjat-shest-skolko-vse-taki-budet-rajonov-v-odesskoj-oblasti.html.
10. Численность населения в городе Одесса. URL: <https://index.minfin.com.ua/reference/people/town/odessa/>.

Об авторах:

ЛИСЕНКОВА Татьяна Игоревна – магистр 2-го курса направления «География» Тверского государственного университета, бакалавр туризма, (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: lisenkova-2016@mail.ru), ORCID: 0000-0002-0295-441X. Научный руководитель: д.э.н., профессор С.И. Яковлева.

ЯКОВЛЕВА Светлана Ивановна – доктор экономических наук, профессор кафедры туризма и природопользования. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2 e-mail: Sv_Yakowleva@mail.ru), ORCID: 0000-0002-7760-4553, SPIN-код: 9043-8828.

MAJOR PORT CITY: ROLE IN THE STRUCTURE OF REGIONAL SETTLEMENT

T.I. Lisenkova, S.I. Yakovleva

Tver State University, Tver

The purpose of the study is to determine the role of a large port city in the settlement structure of a region of a special geographical type "river – sea". The study was carried out on the example of the Odessa region and Odessa. The purpose and historical role of Odessa is the gateway to the Black and Mediterranean Seas. At the same time, it is the most important center of regional settlement, the core of urban agglomeration and port agglomeration on the territory of the Primorsky region.

Keywords: *Odessa, Odessa region, Primorsky region, settlement structure.*

Рукопись поступила в редакцию 5.02.2023

Рукопись принята к печати 12.02.2023

Картография и ГИС

УДК 528

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-90-100>

АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ СЕТЕЙ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ (РЕФЕРЕНЦНЫХ) СПУТНИКОВЫХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Е. Лазарев, О.С. Лазарева, М.Д. Джиджиков

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

В статье рассмотрены сети постоянно действующих базовых (референчных) станций, зоны покрытия которых в РТК-режиме затрагивают территорию Тверской области. Проведён анализ зон покрытия каждой сети на территории Тверской области по построенным с использованием ГИС «Аксиома» картам.

Ключевые слова: *постоянно действующие базовые станции, референчные станции, РТК, радиус зон покрытия, ГНСС.*

В настоящее время, учитывая темпы развития и внедрения цифровых технологий в различные сферы хозяйственной и производственной деятельности, невозможно обойтись без использования Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Утрата некоторой части пунктов государственной геодезической сети и значительная трудоемкость и стоимость восстановления этих пунктов приводит к поиску более современных и удобных альтернатив, которыми в настоящее время выступают сети постоянно действующих базовых (референчных) станций (ПДБС).

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) (Global Navigation Satellite System – GNSS) представляют из себя спутниковые системы, используемые для определения координат в любой точке земного шара, с применением специальных приёмников [3].

К основным преимуществам использования ГНСС можно отнести следующие:

- а) отсутствие требования прямой видимости между пунктами;
- б) ошибки наблюдателей при использовании ГНСС сведены к минимуму;
- в) нет зависимости от времени суток и погодных условий;
- г) скорость проведения работ;
- д) возможность экспорта результатов съёмок в ГИС [3].

© Лазарев О.Е.,

Лазарева О.С.,

Джиджиков М.Д., 2023

К основным ГНСС в настоящее время можно отнести: Global Positioning System (GPS) – США; ГЛОНАСС – Российская Федерация; BeiDou Navigation Satellite System (BeiDou, BDS) – КНР; ГАЛИЛЕО – Европейский союз; Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) – Индия; QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) – Япония [2].

Вступление в силу Федерального Закона № 431-ФЗ от 30.12.2019 «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» позволило создавать и официально регистрировать сети спутниковых референчных станций, передавая координаты станций в Росреестр [9]. Это говорит о том, что государство заинтересовано во внедрении и развитии такого рода технологий, которые используются, в том числе, при проведении кадастровых работ.

Развитие сети базовых станций позволило использовать ГНСС оборудование как один из популярных способов измерений в геодезических работах. Существует несколько режимов работы с ГНСС оборудованием:

1. *Режим постобработки*, включает в себя статику (PP), метод «STOP&GO», кинематику (PPK). Измерения сначала собираются в полевых условиях, затем передаются для камеральной обработки исполнителю. Работа осуществляется минимум двумя приёмниками (все приёмники работают автономно), базовый приёмник стоит на точке с известными координатами, ровер-приёмник (подвижный приёмник, принимающий корректирующие данные от базового приёмника) – на точке с искомыми координатами [6]. При использовании метода «STOP&GO» – базовый приёмник стоит на точке с известными координатами, ровер-приёмник оставляют над каждой снимаемой точкой на определенное время, с дальнейшим перемещением [16]. При использовании режима «PPK» траектория движения ровер-приёмника определяется в постобработке [6].

2. *Режим работы в реальном времени: RTK*. Режим RTK – метод съёмки, при котором мобильный приёмник практически мгновенно определяет координаты с сантиметровой точностью. При работе измерения передаются с базового приёмника на ровер-приёмник (при условии существования надежного канала связи между приёмниками). Весь процесс проходит в режиме реального времени.

В настоящее время происходит развитие инфраструктуры ПДБС в России. ПДБС устанавливаются стационарно и работают 24 часа в сутки, обеспечивая в зоне своего покрытия неограниченное число приёмников.

При объединении нескольких базовых станций в единую сеть управление ими осуществляется из единого центра, данные получаемые

со всех приемников обрабатываются совместно. Работа от сети ПДБС может осуществляться двумя способами:

1. *Работа от ближайшей станции сети.* Приемник подключается к ближайшей станции, по мере удаления от станции ухудшается точность, возможны несоответствия в координатах, ввиду переключения приемника между станциями [10].

2. *Виртуальная базовая станция.* Сервер формирует виртуальную базовую станцию в непосредственной близости от приемника пользователя, виртуальная базовая станция позволяет получить равную точность на всей территории сети [10].

Самым важным преимуществом сети является создание единого координатно-временного пространства на территории целых регионов [10].

На территории Тверской области располагаются 8 сетей постоянно действующих базовых станций. По данным с официальных сайтов каждого из операторов базовых станций [4, 5, 7, 8, 12–15], в ГИС «Аксиома» были построены карты, на которых отражены зоны покрытия территории в РТК-режиме сети постоянных базовых референчных станций (рис. 1–8). При построении карты за радиус действия каждой станции всех сетей было взято расстояние 50 километров. Именно это расстояние является предельным, так как при увеличении этого расстояния могут появляться слишком большие погрешности или ожидание результата может занять длительный срок [11].

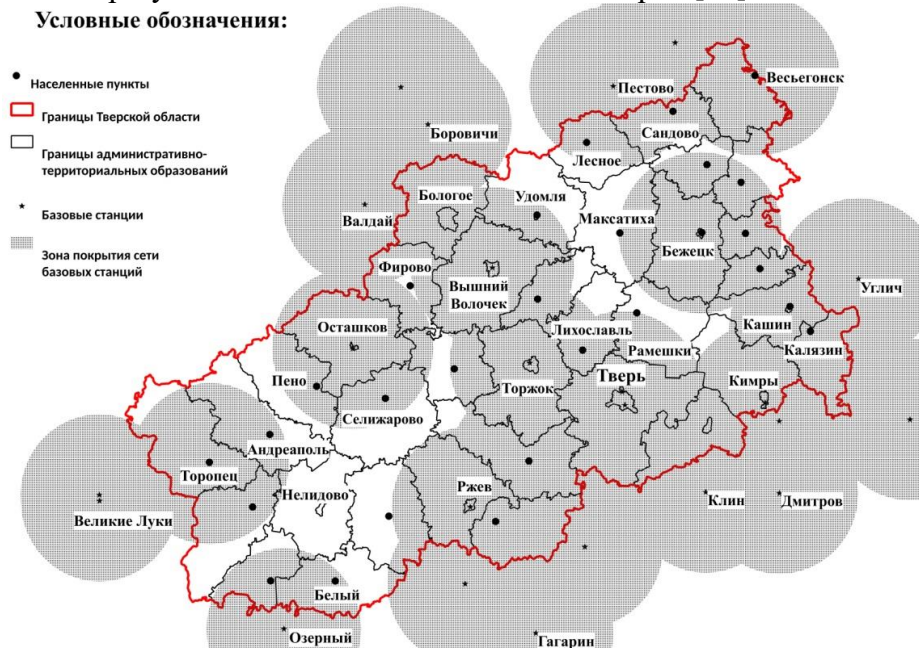


Рис.1. Сеть базовых референчных станций «CORS» [15]

Условные обозначения:

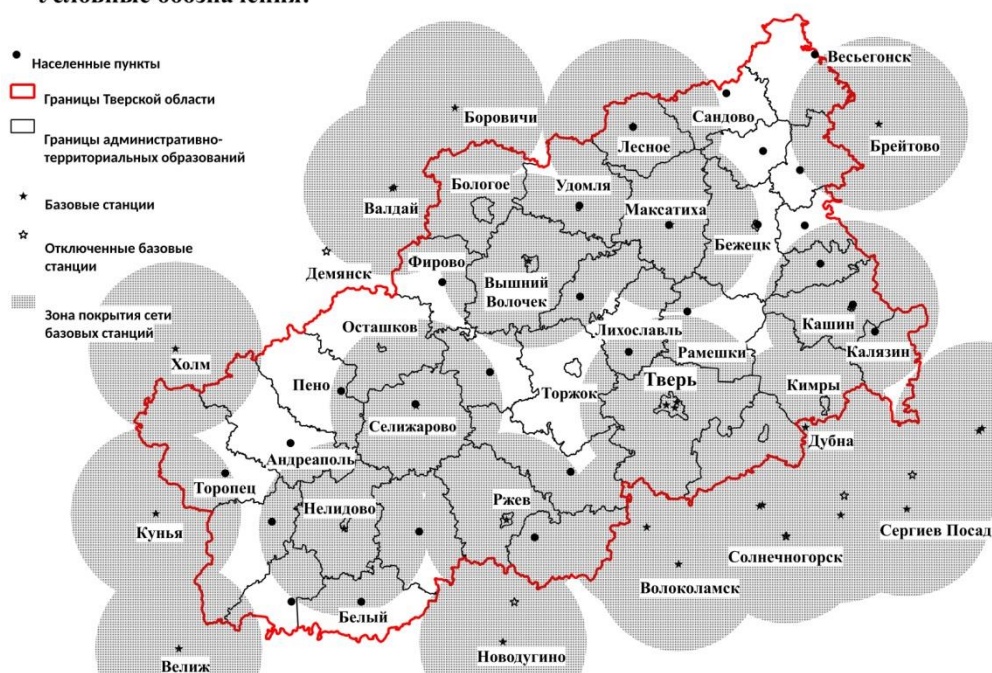


Рис. 2. Сеть базовых референсных станций «NIVE» [4]

Условные обозначения:

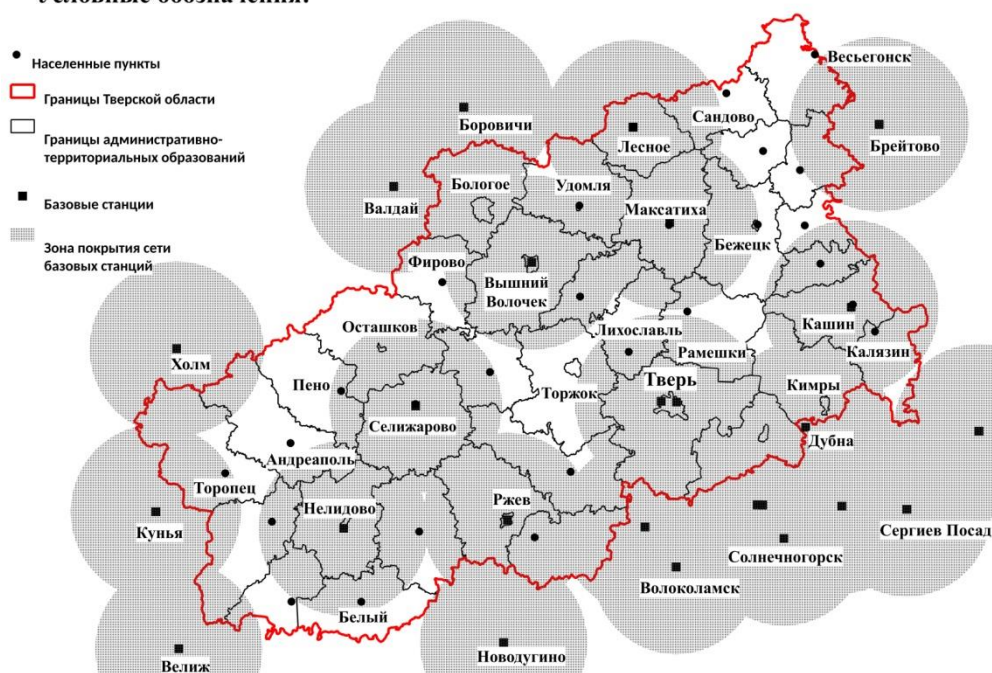


Рис. 3. Сеть базовых референсных станций «RTKNet» [8]

Условные обозначения:



Рис. 4. Сеть базовых референчных станций «SmartNet» [7]

Условные обозначения:



Рис. 5. Сеть базовых референчных станций «TopNET» [5]

Условные обозначения:

- Населенные пункты
- ▭ Границы Тверской области
- ▭ Границы административно-территориальных образований
- ▼ Базовые станции
- ▽ Отключенные базовые станции
- Зона покрытия сети базовых станций



Рис. 6. Сеть базовых референсных станций «ГЕОСПАЙДЕР» [14]

Условные обозначения:

- Населенные пункты
- ▭ Границы Тверской области
- ▭ Границы административно-территориальных образований
- ◆ Базовые станции
- ◇ Отключенные базовые станции
- Зона покрытия сети базовых станций



Рис. 7. Сеть базовых референсных станций «PrinNet» [12]

Условные обозначения:



Рис. 8. Сеть базовых референционных станций «ССТП» [13]

В табл. 1 представлено количество постоянно действующих базовых (референционных) станций как непосредственно находящихся в пределах Тверской области, так и расположенных по ее периметру, а также приведен процент покрытия территории области данными от базовых станций в режиме RTK.

Таблица 1

Количество ПДБС, охватывающих в режиме RTK
территорию Тверской области

Название сети ПДБС	Количество станций, затрагивающих Тверскую область	Количество станций в Тверской области	Покрытие территории Тверской области данными в режиме RTK, %
CORS	28	12	78,50
HIVE	33	10	76,99
RTKNet	25	9	77,38
SmartNet	11	3	16,40
TopNET	11	4	31,57
ГЕОСПАЙДЕР	21	6	41,87
PrinNet	12	4	26,55
ССТП	9	2	21,87

Кроме этого, до недавнего времени на территории Российской Федерации действовала сеть постоянно действующих базовых (референчных) станций компании Руснавгеосеть (учредителем которой являлась компания Trimble), но в связи с изменившейся ситуацией в стране и в мире она прекратила своё существование.

В настоящее время по сравнению с полученными результатами исследования, проведенного в 2018 году [1], у CORS на территории Тверской области появились станции в г. Торопце и г. Старице, у NIVE и RTKNet – в г. Нелидово, пгт Селижарово, с. Лесное, пгт Максатиха, у SmartNet – в г. Калязин была отключена станция, у TopNET появилась станция в г. Ржев. На основе полученного сравнения можно сделать вывод, что сети постоянно действующих базовых (референчных) станций с 2018 года по настоящее время развиваются.

Сети ПДБС, действующие на территории Тверской области, возможно классифицировать по степени покрытия территории данными с ПДБС в режиме РТК. Так, сети EFT-CORS, NIVE, RTKNet имеют площадь покрытия более 70 %, что позволяет говорить о высокой степени покрытия. Сети ГЕОСПАЙДЕР, TopNET покрывают менее половины территории области, что говорит о средней степени покрытия. Каждая из сетей PrinNet, CCTП, SmartNet покрывает менее 30 % территории, что позволяет отнести эти сети к группе с низкой степенью покрытия (рис. 9).

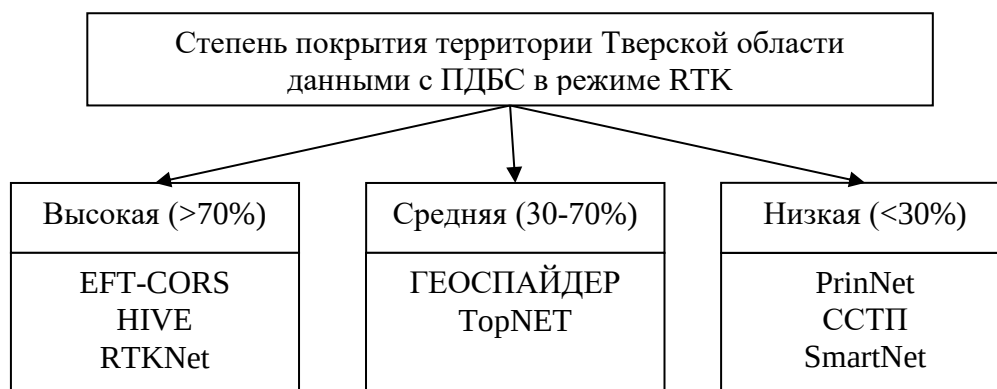


Рис. 9. Классификация сетей ПДБС по степени покрытия территории Тверской области данными с ПДБС в режиме РТК

Условные обозначения:



Рис. 10. Части территории Тверской области, не обеспечивающиеся данными с ПДБС в режиме РТК с надлежащей точностью

Анализируя полученную в ходе исследования информацию, рассмотрим территорию (рис. 10), которую не покрывают сети ПДБС в режиме РТК, в настоящее время она составляет всего 2,4% от общей площади Тверской области. К этой территории относятся часть Рамешковского района и незначительная северо-западная часть Кимрского городского округа, незначительные части Кувшиновского и Фировского районов и Вышневолоцкого городского округа, части Пенковского муниципального округа и Андреапольского муниципального округа, части Западнодвинского муниципального округа, Бельского района, Оленинского муниципального округа, а также незначительную часть Жарковского района (рис. 10). Таким образом, можно сделать вывод о том, что проблема с количеством ПДБС, охватывающих своим покрытием территорию Тверской области для работы в режиме РТК в настоящее время почти решена.

Использование сетей ПДБС позволяет вычислять положение ровер-приемника с геодезической точностью и, кроме применения в кадастровой деятельности, в настоящее время находит свое применение при проведении инженерных изысканий, при выполнении топографической съёмки, сборе информации при создании и ведении ГИС, в качестве геодезической основы и в прикладных работах в

строительстве, при проведении геотехнического мониторинга, при высокоточной навигации.

Список литературы

1. Венчакова В.В., Лебедев Д.С., Лазарев О.Е. Сети спутниковых постоянно действующих референчных станций в Тверской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и Геоэкология. 2018. № 2. С. 112–120.
2. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учебное пособие. М.: МИИГАиК, 2017. 76 с.
3. Автоматизированный справочник по геодезическому оборудованию // Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет - URL: https://nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/10_GNSS.php?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 30.10.2022).
4. Большая интерактивная карта // HIVE. URL: <https://hive.geosystems.aero/map> (дата обращения: 12.11.2022).
5. Зона покрытия сети // TopNET. Сеть постоянно действующих дифференциальных станций. URL: <https://topnet.gsi.ru/project.php#map> (дата обращения: 12.11.2022).
6. Как достичь высокой точности в геодезии? Работа в режиме RTK // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: https://www.prin.ru/blog/kak_dostich_vysokoj_tochnosti_v_geodezii_rabota_v_r_ezhime_rtk/ (дата обращения: 30.10.2022).
7. Карта покрытия Hexagon SmartNet // SmartNet – Сеть референчных базовых станций, RTK поправки и RINEX файлы для постобработки. URL: https://ntrip.smartnetrtk.ru/spiderweb/map_cover2.html (дата обращения: 12.11.2022).
8. Карта – RTKNet // RTKNet – Сеть базовых станций RTK. URL: <https://rtknet.ru/map/> (дата обращения: 12.11.2022).
9. Обзор существующих сетей базовых референц-станций // Лига геодезистов. URL: <https://geo-liga.ru/gnss-refst-review/> (дата обращения: 30.10.2022).
10. Описание технологии // «Геостройизыскания» – геодезическое оборудование. URL: <https://www.gsi.ru/art.php?id=325> (дата обращения: 12.11.2022).
11. Ответы на наиболее часто задаваемые вопросы // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: https://www.prin.ru/blog/otvety_na_naibolee_chasto_zadavaemye_voprosy/#3.1 (дата обращения: 12.11.2022).
12. Сеть базовых станций PrinNet // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: https://www.prin.ru/seti_referencnyh_stancij/prinnet/ (дата обращения: 12.11.2022).
13. ССТП карта покрытия // Спутниковая Системы Точного Позиционирования. URL: <https://gnss.рф/maps> (дата обращения: 12.11.2022).

14. Уникальная спутниковая сеть дифференциальных (базовых/опорных/референчных) геодезических станций «ГЕОСПАЙДЕР»! URL: <http://geospider.ru> (дата обращения: 12.11.2022).
15. CORS сеть базовых станций. URL: <https://eft-cors.ru> (дата обращения: 12.11.2022).
16. GNSS-оборудование: виды и режимы работы // Все про GPS блог о спутниковом слежении. URL: <https://gpscool.ru/sistemy-gps-slezheniya/gnss-oborudovanie-vidy-i-rezhimy-raboty> (дата обращения: 1.11.2022).

Об авторах:

ЛАЗАРЕВ Олег Евгеньевич – старший преподаватель, заведующий лабораторией кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: Lazarev_tvgu@mail.ru), ORCID: 0000-0003-2417-9706, SPIN-код: 3054-4896.

ЛАЗАРЕВА Оксана Сергеевна – к.э.н., доцент кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: Lazos_tvgu@mail.ru), ORCID: 0000-0001-7512-2609, SPIN-код: 4514-1787.

ДЖИДЖИКОВ Михаил Джангарович – студент 3 курса кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: dgangir46@gmail.com), ORCID: 0000-0002-3610-3170, SPIN-код: 1079-9958.

**ANALYSIS OF THE LOCATION OF SATELLITE NETWORKS
OF PERMANENT BASIC (REFERENCE) STATIONS ON THE
TERRITORY OF THE TVER REGION**

O.E. Lazarev, O.S. Lazareva, M.D. Dzhidzhikov

Tver State Technical University, Tver, Russia

The article considers the networks of permanent base (reference) stations, the coverage areas of which in RTK mode affect the territory of the Tver region. The analysis of the coverage areas of each network on the territory of the Tver region based on maps constructed using GIS "Axiom" was carried out.

Keywords: permanent base stations, reference stations, RTK, radius of coverage zones, GNSS.

Рукопись поступила в редакцию 02.02.2023

Рукопись принята к печати 10.02.2023

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 (41), 2023

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

Подписано в печать 28.02.2023. Выход в свет 06.03.2023.

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

Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,31.

Тираж 500 экз. Заказ № 36.

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.*