



ISSN 2712-7613 (print)
ISSN 2712-7621 (online)



ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ

GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT and LIVING SYSTEMS

Изменение климата
в Республике Саха (Якутия)
и его влияние на население:
инструментальные измерения и
наблюдения местных жителей

Экологическое состояние
заливов озёрного участка
Волгоградского водохранилища
в условиях образования
устьевых абразионно-
аккумулятивных пересыпей

Проблемы и перспективы
территориального планирования
транспорта муниципальных
образований Махачкалинской
агломерации

2021 № 3



ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ

GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT and LIVING SYSTEMS

Название журнала до января 2020 г.: Вестник Московского государственного
областного университета. Серия: Естественные науки

Рецензируемый научный журнал

Журнал включён в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (см.: Список журналов на сайте ВАК при Минобрнауки РФ) по следующим научным специальностям: 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки); 25.00.24 – Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки); 25.00.36 – Геоэкология (географические науки).

The peer-reviewed journal

The journal is included by the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation into “the List of leading reviewed academic journals and periodicals recommended for publishing in corresponding series basic research thesis results for a Ph.D. Candidate or Doctorate Degree” (See: the online List of journals at the site of the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation). The journal features articles that comply with the content of such scientific specialities: 25.00.23 – Physical Geography and Biogeography, Geography of Soils and Geochemistry of Landscapes (Geographic Sciences); 25.00.24 – Economic, Social, Political and Recreation Geography (Geographic Sciences); 25.00.36 – Geoecology (Geographic Sciences).

ISSN 2712-7613 (print)

ISSN 2712-7621 (online)

2021 № 3

Учредитель журнала
«Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems»

Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области
Московский государственный областной университет

————— Выходит 4 раза в год —————

Редакционная коллегия

Главный редактор:

Медведков А. А. — канд. географ. наук, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Зам. главного редактора:

Арешидзе Д. А. — канд. биол. наук, Научно-исследовательский институт морфологии человека

Евдокимов М. Ю. — канд. географ. наук, доц., Московский государственный областной университет

Ответственный секретарь:

Крылов П. М. — канд. географ. наук, доц., Московский государственный областной университет

Члены редакционной коллегии:

Алексеев А. И. — д-р географ. наук, проф., Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;

Анвар М. М. — доктор наук, Университет Гуджарат (Пакистан);

Бакланов П. Я. — ак. РАН, д.г.н., проф., Тихоокеанский институт географии ДВО РАН;

Васильев Н. В. — д-р хим. наук, проф., Московский государственный областной университет;

Галацкий Л. Д. — доктор наук, доц., Университет Овидиус (Румыния);

Гордеев М. И. — д-р биол. наук, проф., Московский государственный областной университет;

Демин Д. В. — канд. биол. наук, ФИЦ "Пущинский научный центр биологических исследований РАН";

Емельянова Л. Г. — канд. географ. наук, доц., Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;

Захаров К. В. — канд. биол. наук, Российский государственный социальный университет;

Катровский А. П. — д-р географ. наук, проф., Смоленский государственный университет;

Коницев А. С. — д-р биол. наук, проф.;

Кузнецов А. В. — чл.-корр. РАН, д.э.н., Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН;

Лобжанидзе А. А. — д-р пед. наук, канд. географ. наук, проф., Московский государственный педагогический университет;

Москаев А. В. — канд. биол. наук, Московский государственный областной университет;

Мурадов П. З. — д-р биол. наук, проф., Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (Азербайджан);

Ржепаковский И. В. — канд. биол. наук, доц., Северо-Кавказский федеральный университет;

Рязанова Н. Е. — канд. географ. наук, доц., Международный государственный институт международных отношений (Университет) МИД РФ;

Сава Д. — доктор наук, доц., Университет Овидиус (Румыния);

Снытко В. А. — чл.-корр. РАН, д.г.н., проф., Институт истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова РАН;

Терентьев А. А. — канд. биол. наук, Институт проблем химической физики РАН;

Тимченко Л. Д. — д-р ветеринар. наук, проф., Северо-Кавказский федеральный университет;

Тушар Л. — доктор наук, Орлеанский университет (Франция);

Чернышенко С. В. — д-р биол. наук, канд. физ.-мат. наук, проф., Университет Кобленц-Ландау (Германия);

Шумилов Ю. В. — д-р геол.-минерал. наук, проф.;

Якуцени С. П. — канд. геол.-минерал. наук, доц., АО "Геолэкспертиза"

ISSN 2712-7613 (print)

ISSN 2712-7621 (online)

Рецензируемый научный журнал «Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems» (название журнала до января 2020 г.: Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки) — печатное издание, публикующее статьи по эколого-географической проблематике, различным аспектам регионального развития, экологическим технологиям и методикам экологической оценки территорий, актуальным тенденциям охраны природы, общепроизводственным вопросам и основным направлениям "зеленой" химии.

Журнал адресован российским и зарубежным ученым, докторам, аспирантам и всем, интересующимся достижениями естественных наук в России и за рубежом.

Журнал «Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Регистрационный номер ПИ № ФС 77-73331 от 24.07.2018.

Индекс журнала «Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems» по Объединённому каталогу «Пресса России» 40564

Журнал включён в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), имеет полнотекстовую сетевую версию в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), с августа 2017 г. на платформе Научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» (<https://cyberleninka.ru>), а также на сайте Московского государственного областного университета (www.vestnik-mgou.ru).

При цитировании ссылка на журнал «Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems» обязательна. Публикация материалов осуществляется в соответствии с лицензией Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY).

Ответственность за содержание статей несут авторы. Мнение автора может не совпадать с точкой зрения редколлегии журнала. Рукописи не возвращаются.

Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems. — 2021. — № 3. — 110 с.

© МГОУ 2021.

Адрес редакции:

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А, стр. 1, каб. 98

тел. +7 (495) 780-09-42 (доб. 6101)

e-mail: info@vestnik-mgou.ru; сайт: www.vestnik-mgou.ru

Founder of journal
«Geographical Environment and Living Systems»
Moscow Region State University

———— Issued 4 times a year ————

Editorial board

Editor-in-chief:

A. A. Medvedkov – Cand. Sci. (Geography), Lomonosov Moscow State University

Deputy editor-in-chief:

D. A. Areshidze – Cand. Sci. (Biology), Research Institute Of Human Morphology

M. Yu. Evdokimov – Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Moscow Region State University

Executive secretary:

P. M. Krylov – Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Moscow Region State University

Members of Editorial Board:

A. I. Alekseev – Dr. Sci. (Geography), Professor, Lomonosov Moscow State University;

M. M. Anwar – Doctor of Sciences, Professor, Gujarat University (Pakistan);

P. Ya. Baklanov – Member of RAS, Dr. Sci. (Geography), Pacific Geographical Institute Far-Eastern branch, Russian Academy of Sciences;

N. V. Vasil'ev – Dr. Sci. (Chemistry), Professor, Moscow Region State University;

L. D. Galatchi – Doctor of Science, Ovidius University of Constanta;

M. I. Gordeyev – Dr. Sci. (Biology), Professor, Moscow Region State University;

D. V. Demin – Dr. Sci. (Biology), Federal Research Center 'Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences';

L. G. Emalyanova – Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Lomonosov Moscow State University;

K. V. Zakharov – Cand. Sci. (Biology), Russian State Social University;

A. P. Katrovsky – Dr. Sci. (Geography), Professor, Smolensk State University;

A. S. Konichev – Dr. Sci. (Biology), Professor;

A. V. Kuznetsov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Economics), Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences (INION RAN);

A. A. Lobzhanidze – Dr. Sci. (Education), Cand. Sci. (Geography), Professor, Moscow Pedagogical State University;

A. V. Moskaev – Cand. Sci. (Biology), Moscow Region State University;

P. Z. Muradov – Dr. Sci. (Biology), Professor, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Azerbaijan);

I. V. Rzhepakovsky – Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, North-Caucasus Federal University;

N. E. Ryazanova – Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, MGIMO University of the Russian Ministry of Foreign Affairs;

D. Sava – PhD., Ovidius University of Constanta (Romania);

V. A. Snytko – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geography, Professor, Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences;

A. A. Terent'ev – Cand. Sci. (Biology), Institute of Problems of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences;

L. D. Timchenko – Dr. Sci. (Veterinary Sciences), North-Caucasus Federal University;

L. Touchart – Doctor of Sciences, University of Orléans (France);

S. V. Chernishenko – Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Dr. Sci. (Biology), Professor, University of Koblenz-Landau (Germany);

Yu. V. Shumilov – Dr. Sci. (Geological and Mineralogical Sciences);

S. P. Yakutseni – Cand. Sci. (Geological and Mineralogical Sciences), Associate Professor, Geolekspertiza

ISSN 2712-7613 (print)

ISSN 2712-7621 (online)

The reviewed scientific journal "Geographical Environment and Living Systems" (the title of the journal till 2020: "Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural Sciences") is a printed edition that publishes articles on environmental and geographical issues, various aspects of regional development, environmental technologies and methods of environmental assessment of areas, current trends in nature conservation, general biological issues and the main directions of "green" chemistry.

The journal is addressed to Russian and foreign scientists, doctoral students, postgraduate students and everyone interested in the achievements of natural sciences in Russia and abroad.

The journal "Geographical Environment and Living Systems" is registered in Federal service on supervision of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection. The journal is registered 07.24.2018, certificate ПИ № ФС 77-73331

Index of the journal «Geographical Environment and Living Systems» according to the Union catalog «Press of Russia» 40564

The journal is included into the database of the Russian Science Citation Index, has a full text network version on the Internet on the platform of Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru), and from August 2017 on the platform of the Scientific Electronic Library "CyberLeninka" (<https://cyberleninka.ru>), as well as at the site of the Moscow Region State University (www.vestnik-mgou.ru)

At citing the reference to journal "Geographical Environment and Living Systems" is obligatory. Scientific publication of materials is carried out in accordance with the license of Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY).

The authors bear all responsibility for the content of their papers. The opinion of the Editorial Board does not necessarily coincide with that of the author. Manuscripts are not returned.

Geographical Environment and Living Systems. – 2021. – № 3. – 110 p.

© Moscow Region State University, 2021.

The Editorial Board address:

10A Radio st., office 98, Moscow 105005, Russia

Phones: +7 (495) 780-09-42 (add. 6101)

e-mail: info@vestnik-mgou.ru; site: www.vestnik-mgou.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

- Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Филиппова В. В.* Изменение климата в Республике Саха (Якутия) и его влияние на население: инструментальные измерения и наблюдения местных жителей6

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОГЕОГРАФИЯ ЛАНДШАФТОВ

- Беловодова О. С.* Кормовая база охото-корейской популяции серых китов в условиях изменения природной среды и климата22

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОХРАНА ЛАНДШАФТОВ

- Баранова М. С., Обьедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С.* Экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища в условиях образования устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей34

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ВЫЗОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

- Петров Ю. В.* Пространственное сочетание сельской и городской местности на юге Тюменской области: проблемы, возможные решения54
- Волгин А. В., Волкова И. Н., Евдокимов М. Ю., Крылов П. М., Филичкина Д. А.* Проблемы и перспективы территориального планирования транспорта муниципальных образований Махачкалинской агломерации76

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

- Базарский О. В., Кочетова Ж. Ю.* Теория детерминированного хаоса для описания эколого-медицинской системы96

CONTENTS

GEOGRAPHICAL SCIENCES

GLOBAL CHANGES AND DYNAMICS OF GEOSYSTEMS

M. Ananicheva, T. Litvinenko, V. Filippova. Climate Change in the Republic of Sakha (Yakutia) and its Impact on the Population: Instrumental Measurement and Observations of the Local Population.6

BIODIVERSITY AND BIOGEOGRAPHY OF LANDSCAPES

O. Belovodova. Food Base of the Okhotsk-Korean Gray Whale Population Under Conditions of Environmental and Climate Change.22

NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES AND LANDSCAPE PROTECTION

M. Baranova, O. Obedkova, A. Kochetkova, E. Bryzgalina. Ecological State of the Bays of the Lake Area in the Volgograd Reservoir Under Conditions of the Formation of Mouth Abrasion-Accumulative Jumpers34

ECONOMIC GEOGRAPHY AND CHALLENGES OF SPATIAL DEVELOPMENT

Yu. Petrov. Spatial Combination of Rural and Urban Areas in the South of the Tyumen Region: Problems and Possible Solutions54

A. Volgin, I. Volkova, M. Evdokimov, P. Krylov, D. Filichkina. Problems and Prospects for Territorial Planning of Transport of Municipalities of Makhachkala Agglomeration.....76

BIOLOGICAL SCIENCES

HUMAN ECOLOGY AND PUBLIC HEALTH

O. Bazarsky, Zh. Kochetova. The Theory of Deterministic Chaos for the Description of the Ecological and Medical System96

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.582+ 911.33

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НАСЕЛЕНИЕ: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ МЕСТНЫХ ЖИТЕЛЕЙ

Ананичева М. Д.¹, Литвиненко Т. В.¹, Филиппова В. В.²

¹ Институт географии РАН

119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, Российская Федерация

² Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера
Сибирского отделения Российской академии наук

677027, г. Якутск, ул. Петровского, д. 1, Российская Федерация

Аннотация.

Цель. Выявить тенденции изменения климата и природной среды в Якутии по инструментальным наблюдениям и сопоставить их с восприятием этих процессов местным населением.

Процедура и методы. Проанализированы данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации и полевых исследований 2003–2020 гг. в арктических районах. В работе использованы методы: статистический, сравнительно-географический, картографический, опрос местного населения.

Результаты. Представлен анализ инструментальных данных об изменении климата в Якутии – поля трендов средней годовой и средней летней температур, сумм годовых осадков и осадков холодного периода. Потепление осуществляется в основном за счет роста межсезонных температур. Многолетнемёрзлые грунты подвержены таким изменениям как увеличение мощности активного слоя, пока не катастрофическим, но требующим постоянного мониторинга. Наблюдается связь между результатами научных исследований и фиксируемыми местным населением изменениями. Наблюдение местных жителей Якутии за климатическими изменениями схожи с результатами, полученными в других регионах Сибири.

Теоретическая и/или практическая значимость. Анализ массива данных по Якутии дополняет картину климатических изменений на Севере и в Арктике и даёт представление о восприятии этих изменений местным населением. Совместное использование научных данных и наблюдений местных жителей представляется важным при разработке региональных программ адаптации к изменениям климата.

© СС ВУ Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Филиппова В. В., 2021.

Ключевые слова: Якутия, изменение климата, хозяйственная деятельность, местное население, наблюдения местного населения

Благодарности. Исследование проводилось в рамках гранта РФФИ № 19-05-00822, 2019–2021 «Малые ледники Севера России в разные периоды времени как чувствительный показатель изменения климата: оценка современного, прошлого и будущего состояний относительно изученных и вновь открытых ледников» (Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В.); гранта РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-71005 «Гидрология, криолитозона и устойчивость в восточном секторе российской Арктики и Субарктики», Шведским исследовательским советом по вопросам окружающей среды, сельскохозяйственным наукам и пространственному планированию (проект № 2019-02332) и Японским проектом по науке и технологиям (проект № JPMJBF2003), Инициативы Бельмонтского форума по Совместной исследовательской деятельности «Жизнеспособность быстроменяющихся Арктических систем (СИД Арктика II)» (2020–2022 гг.) (Филиппова В. В.); мегапроекта № 0148-2019-0008 «Проблемы и перспективы территориального развития России в условиях его неравномерности и глобальной нестабильности» (2019–2021 гг.) (Литвиненко Т. В.).

CLIMATE CHANGE IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) AND ITS IMPACT ON THE POPULATION: INSTRUMENTAL MEASUREMENT AND OBSERVATIONS OF THE LOCAL POPULATION

M. Ananicheva¹, T. Litvinenko¹, V. Filippova²

¹*Institute of Geography, RAS*

Staromonetnyi per. 29, Moscow 119017, Russian Federation

²*Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North,*

Siberian Branch of the Russian Academy of Science

ul. Petrovskogo 1, Yakutsk 677027, Russian Federation

Abstract.

Aim. The purpose of this study is to identify trends in climate and natural environment changes in Yakutia based on instrumental observations and to compare them with the perception of these processes by the local population.

Methodology. The procedure and methods included the analysis of data from the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information and field research in the Arctic regions in 2003–2020 based on statistical, comparative-geographical, cartographic methods and expedition research, including the local people's survey.

Results. An analysis of instrumental data on climate change in Yakutia is presented – the spatial patterns of trends in mean annual and mean summer temperatures, sums of annual precipitation and precipitation of the cold period. Warming takes place mainly due to the increase of the off-season temperatures. Permafrost soils are subject to such changes as a rise of the active layer thickness, which are not yet catastrophic, but require constant monitoring. There is a link between the results of scientific research and changes recorded by the local population. Local observations of climate change in Yakutia are similar to the results obtained in other regions of Siberia.

Research implications. The analysis of the data set in Yakutia complements the picture of climate change in region of study and gives an idea of the perception of these changes by the local population. The joint use of scientific data and observations of local populations is important in elaboration of local climate change adaptation programs.

Keywords: Yakutia, climate change, economic activity, local population, observations of local population

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the Russian Foundation for Basic Research Grant no. 19-05-00822, 2019–2021 “Small glaciers of North Asia in different time periods as a sensitive indicator of climate change: an assessment of the current, past and future states of relatively studied and newly discovered glaciers” (Ananicheva M. D., Litvinenko T. V.); RFFI Grant in the framework of scientific project no. 20-55-71005 “Hydrology, Cryolithozone and Sustainability in the Eastern Sector of the Russian Arctic and Subarctic”, Swedish Research Council for the Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Project no. 2019-02332) and the Japan Science and Technology Project (project no. JPMJBF2003), initiative of the Belmont Forum on Joint Research Activities “Viability of Fast-Changing Arctic Systems (Arctic II LED)” (2020–2022) (V. V. Filippova); megaproject no. 0148-2019-0008 “Problems and prospects of territorial development of Russia in the conditions of its unevenness and global instability” (2019–2021) (T. V. Litvinenko).

Введение

О беспрецедентности климатических и социально-экологических изменений в Арктике и на Севере свидетельствуют не только результаты инструментальных наблюдений и их анализа, но и наблюдения местных жителей [14]. Подчас выявить, показать изменение климата и его влияние на хозяйственную деятельность населения, используя только научные знания, весьма затруднительно, особенно на локальном уровне. Поэтому учёные всё чаще прибегают к наблюдениям местного населения за изменением климата в качестве источника информации [1; 3; 13; 14; 15; 16; 18; 19].

Авторами исследования предпринята попытка объединить результаты инструментальных метеорологических данных, отражающих изменения климата и природной среды в Якутии, и наблюдаемое населением арктических улусов влияние этих изменений на жизнедеятельность человека.

С помощью анализа рядов метеозлементов (температуры воздуха и осадков) были получены поля их трендов, которые отражают пространственную картину изменения климата за последние десятилетия. Сопоставление

тенденций изменений климата и природной среды по инструментальным наблюдениям с восприятием этих событий местным населением даёт более наглядную картину изменений, происходящих в последнее время в Якутии.

Был проведён анализ климатических изменений Якутии на основе данных метеостанций, предоставленных Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации¹ и некоторых научных работ [7; 9; 10]. Для оценки изменений климатических параметров были построены карты трендов годовой ($T_{\text{год}}, ^\circ\text{C}$) и средней летней температур ($T_{\text{лет}}, ^\circ\text{C}$), а также общих осадков ($P_{\text{год}}, \text{мм}$), осадков холодного периода ($P_{\text{хп}}, \text{мм}$), когда температура устойчива ниже нуля. Для расчёта использовался временной отрезок с 1966 (когда были исправлены показатели осадкомеров на северных станциях РФ) по 2019 г. Тренды (линейные) определялись по уравнениям регрессии рядов этих

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: www.meteo.ru (дата обращения 17.06.2020).

параметров с принятыми интервалами ошибок $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для температуры и ± 5 мм для осадков. Также привлекались данные метеостанций Якутии, чтобы выяснить ход температур в период до потепления и после, вплоть до 2019 г.

Для оценки представлений населения об изменениях климата были проведены полевые исследования в арктических Анабарском, Булунском, Верхнеколымском, Верхоянском, Нижнеколымском, Оленекском, Среднеколымском, Эвено-Бытантайском улусах в 2003–2020 гг. В результате опроса местного населения выявлены происходящие изменения в окружающем ландшафте, хозяйственной деятельности и хозяйственном цикле, а также проблемы жизнеобеспечения в условиях изменения климата. Были обобщены данные инструментальных измерений и наблюдения местных жителей за изменением климата и природной среды и их влиянием на человека и хозяйственную деятельность.

Данные инструментальных наблюдений за изменениями климата и природной среды в Якутии

В последние десятилетия в Северо-Восточной Сибири и на севере Дальнего Востока отмечается рост температур воздуха [2]. Диапазон изменений варьирует в зависимости от местоположения метеостанции – насколько она удалена от береговой зоны, находится ли она на равнине или в предгорье и т. п. Динамику изменений метеопараметров во времени отражают их тренды, рассчитанные за определённый период. Для того чтобы представить изменение трендов в пространстве, были построены карто-схе-

мы температур и осадков на исследуемый регион (рис. 1).

Годовая температура ($T_{\text{год}}$) на территории северо-востока Сибири и севера Дальнего Востока в течение рассматриваемого периода – 53 года (1966–2019 гг.) – менялась в диапазоне от $2,5$ до $3,0^{\circ}\text{C}$, изменения $T_{\text{лет}}$ меньше – от $1,0$ до $2,0^{\circ}\text{C}$, увеличиваясь к востоку, к Корякскому нагорью. Отрицательные тренды годовых осадков отмечаются на крайнем севере регионов, в континентальной части они положительны и составляют от 0 до $+100$ мм/53 г. Тренды осадков холодного периода менялись в Якутии от 0 до -50 мм, на Чукотке – от -50 до -100 мм. Картина изменений этих характеристик в горах несколько иная: потепление летом в районе Верхоянья отмечается уже длительное время, тренд $T_{\text{лет}}$ составляет от $1,5$ до 2°C , $T_{\text{год}}$ – до $2-3^{\circ}\text{C}$, тренды осадков – нулевые, к северу повышаются до $+50$ мм.

Определялись также тренды (линейные) средней годовой и средних сезонных температур севера Якутии по метеостанциям Тикси, Чокурдах, Кюсюр, Юбилейная, Саскылах, о. Котельный с 1966 по 2019 г., Андрюшкино – с 1982 по 2019 г., Анабар – с 1988 по 2019 г. (рис. 2а).

Максимальный тренд – $3-4^{\circ}\text{C}/53$ года – характерен для межсезонных температур (осени и весны), наименьшие – $1,5-2^{\circ}\text{C}$ – для летних температур. Климат здесь становится мягче в основном за счёт потепления в холодные сезоны. Летнее потепление на севере Якутии пока достаточно слабое, но бывают и аномалии: в Верхоянске метеорологи подтвердили аномальную жару 20 июня 2019 г.: температура воздуха повысилась до $+38^{\circ}\text{C}$. Этот температурный рекорд

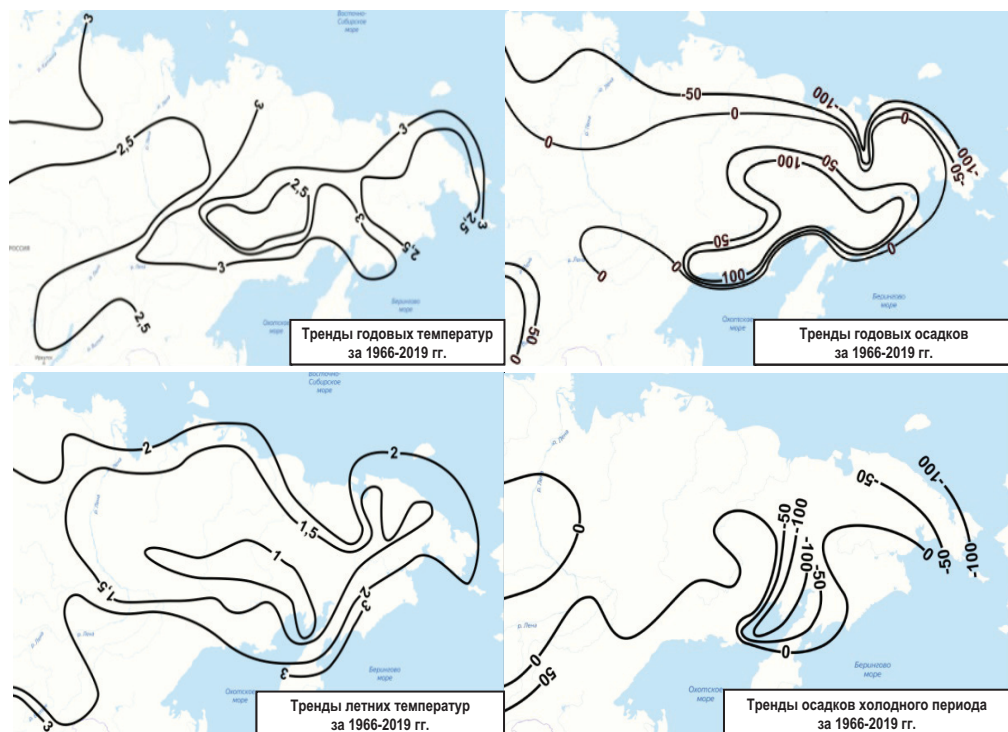


Рис. 1/ Fig. 1. Картосхемы трендов годовых и средних летних температур, $^{\circ}\text{C}$ и трендов годовых сумм осадков и осадков холодного периода, мм на территории северо-востока Сибири и севера Дальнего востока /Maps of trends in annual and mean summer temperature, $^{\circ}\text{C}$ and trends in annual precipitation and cold period precipitation, mm in the Northeastern Siberia and in the North of Far East

Источник: [2]

заинтересовал WMO, и после проверки зафиксированная аномалия может быть включена в так называемую метеорологическую «книгу рекордов».

В более южных частях Якутии ситуация с потеплением несколько другая: потепление идёт за счёт зимних температур, в меньшей степени – осени и весны, летние тренды также минимальны.

Рост среднегодовой, летней, зимней температур в северной Якутии

Для оценки динамики изменения температуры, во-первых, была определена средняя годовая и сезонные температуры для северных метео-

станций и м/ст Якутск, находящейся южнее, за периоды с 1966 г. (температуры за базовый период) по 2019 г. Метеостанции Анабар и Андрюшкино имеют более короткие периоды наблюдений – с 1988 и 1982 г. соответственно (табл. 1). Во-вторых, были рассчитаны эти же температуры за период до начала потепления (1979 г.) и после, вплоть до 2019 г. (табл. 2).

Итак, $T_{\text{год}}$ всюду повысилась более чем на 1°C , для самой северной станции (о. Котельный) и самой южной (Якутска) она увеличилась более чем на 2°C . Рост средней летней – менее 1°C , за исключением Якутска. Средние зимние температуры возросли на $1\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$

Таблица 1 / Table 1

Средняя температура (Т) по сезонам в Якутии, °С / Mean temperature by seasons in Yakutia, °C /

Метеостанция	Т _{год}	Т ₆₋₈	Т ₃₋₅	Т ₉₋₁₁	Т ₁₂₋₂	Дата	Широта,°	Долгота,°
Анабар	-13,5	6,8	-17,8	-11,2	-31,9	с 1988	73,22	113,50
Андрюшкин	-12,2	9,9	-15,6	-10,1	-32,5	с 1982	69,10	154,26
Тикси	-12,7	6,3	-16,6	-10,7	-29,7	с 1966	71,58	128,9
Чокурдах	-13,3	8,0	-16,9	-11,5	-32,9	с 1966	70,62	147,8
Кюсюр	-13,1	10,3	-14,3	-12,8	-35,4	с 1966	70,68	127,4
Юбилейная	-13,1	9,1	9,1	-5,9	-33,2	с 1966	70,77	136,2
Саскылах	-14,0	8,7	-17,7	-13,1	-33,3	с 1966	71,97	114,0
о. Котельный	-14,1	1,7	-18,5	-11,0	-28,7	с 1966	176	137,8
Якутск	-8,9	17,0	-5,8	-9,8	-37,1	с 1966	62, 0	129,6

Примечание: Т_{год} – средняя годовая, Т₃₋₅ – средняя летняя, Т₃₋₅ – средняя за весну, Т₉₋₁₁ – средняя за осень, Т₁₂₋₂ – средняя зимняя температуры.

Источник: составлено авторами по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных [Электронный ресурс]. URL: www.meteo.ru (дата обращения: 17.06.2020).

Таблица 2/ Table 2

Средняя температура по сезонам за разные временные периоды/ Mean air temperature by season for different periods

Метеостанция	Т _{год}	Т ₆₋₈	Т ₃₋₅	Т ₉₋₁₁	Т ₁₂₋₂	Дата
Тикси	-13,6	5,6	-17,2	-11,8	-30,9	1966–1979
	-12,4	6,5	-16,3	-10,3	-29,3	1979–2019
Чокурдах	-14,3	7,6	-17,5	-13,1	-34,0	1966–1979
	-13,0	8,1	-16,7	-10,9	-32,5	1979–2019
Кюсюр	-13,9	9,8	-15,0	-13,7	-35,4	1966–1979
	-12,8	10,5	-14,1	-12,4	-35,4	1979–2019
Юбилейная	-14,0	8,5	-16,7	-13,1	-32,7	1966–1979
	-12,8	9,3	-18,1	-13,4	-33,3	1979–2019
Саскылах	-14,9	8,2	-18,9	-14,2	-32,8	1966–1979
	-13,7	8,8	-17,2	-12,8	-33,5	1979–2019
О-в Котельный	-15,2	1,3	-19,4	-12,6	-30,0	1966–1979
	-13,8	1,9	-18,2	-10,4	-28,3	1979–2019
Якутск	-10,3	16,3	-6,8	-10,8	-39,7	1966–1979
	-8,5	17,2	-5,4	-9,5	-36,3	1979–2019

Источник: составлено авторами по данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. URL: www.meteo.ru (дата обращения 17.06.2020)

(за исключением станций Саскылах, Кюсюр и Юбилейная, находящихся в северо-западной части Якутии), межсезонные (на разных станциях в разные периоды) – на 2–3°C (больше всего в осенний период)

На юге Якутии (данные метеостанции Нагорный: 55,97 с. ш., 124,80 в. д., высота 861 м н. у. м.) тренд $T_{\text{год}} - 2,4^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{лет}}$ меньше – $1,8^{\circ}\text{C}$. Стабильное потепление здесь отмечается с конца 1980-х гг. Температура возросла: $T_{\text{год}}$ и $T_{\text{лет}} - 7,1^{\circ}\text{C}$ и $13,1^{\circ}\text{C}$ с 1966 по 2020 г., а с 1987 по 2020 г. – $6,7^{\circ}\text{C}$ и $13,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. Тренд осадков незначительный: +25 мм за 1966–2020 гг. для средних годовых и осадков теплого периода, тренд осадков холодного периода – нулевой.

Анализ метеорологических параметров на территории Республики Саха (Якутия) показал значимое потепление климата, выражающееся в повышении годовых и сезонных температур. Наиболее благоприятна пока ситуация с температурой почвогрунтов, но и она может измениться не в лучшую сторону при дальнейшем сохранении или ускорении темпов потепления, которое может привести к существенным последствиям для инфраструктуры и экономики республики [7].

Таяние мерзлоты и связанные с ней явления

Температура воздуха и приходящая радиация являются основными факторами, контролирующими среднегодовые колебания мощности активного слоя (СТС). Из материалов мониторинга 2 участков (о. Самойлова и п-в Быковский, R51 и R29) в дельте р. Лены (рис. 2б) совместного проекта Германии (Потсдамского институ-

та им. Вегенера) и России (Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова, Якутск) [13] следует, что СТС на первом участке составляет 25–44 см (в среднем 34 см), а на втором – 24–43 см (в среднем за 2005–2018 гг. – 31 см) с максимумом в 2007 г. и минимумом в 2004 г. для обоих участков.

Эти два участка – Якутск (R43, R42) и Тикси (R29, R51) – показывают разные тренды средних значений СТС за период наблюдений. Для участка речной террасы на о. Самойлова он положительный – $0,2 \text{ см}^* \text{ год}^{-1}$, а для участка Едома на полуострове Быковский отрицательный, $-0,2 \text{ см}^* \text{ год}^{-1}$ в среднем за год^{-1} . Таким образом, можно сделать вывод, что на севере Якутии активный слой многолетнемерзлых пород претерпевает пока незначительные изменения, по-видимому, потому что потепление осуществляется в основном за счёт температур холодного периода, а не летом, когда они положительны.

В районе среднего течения р. Лены межгодовые вариации средней СТС в 2008–2016 гг. пока также относительно малы. Значения мощности 2 участков мониторинга – R42, R43 (рис. 2б) – изменяются в очень узком диапазоне: 197–203 см (в среднем за 2008–2018 гг. – 201 см). Максимальные наблюдались в 2014 и 2017 г., минимальные – в 2013 г., и средние (119–129 см) невелики: слегка положительно для участка (находится на лугу в Якутске) и слегка отрицательно для другого участка (находится в тайге).

В 2019 г. была издана мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия)¹. В пояснении утверждается,

¹ Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500 000 / А. Н. Фе-



Рис. 2 / Fig. 2. Картограмма метеостанций, Север Якутии (А), картограмма участков мониторинга CTC, (Б) / Map of weather stations, North of Yakutia (A), map of areas for monitoring of the ALT (B)

Источник: [13]

что карта «позволила установить, что около 69% территории представлены криогенными ландшафтами на сред-

доров, Я. И. Торговкин, А. А. Шестакова, Н. Ф. Васильев, В. С. Макаров и др. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л. Фонды ИМЗ.

не- и слабодистых породах, которые можно представить как относительно устойчивые зоны для адаптации населения и социально-экономической инфраструктуры на случай катастрофических сценариев развития вечной

мерзлоты в условиях потепления климата». При небольшом уровне льдистости в породах сплошность и температура уже не играют большой роли, она повышается при высоком содержании льда в породах – более 50%.

На юге Якутии достаточно интенсивно развиты такие процессы, как термокарстовые просадки. А. Н. Федоров отмечает высокие темпы развития термокарста (по наблюдениям на участке Юкэчи за 1992–2019 гг.) [9]. Так, в термокарстовых понижениях за эти годы средние темпы просадок поверхности составили 5–10 см/год, а когда понижение обводнялось, темпы просадок достигали 13–18 см/год. В абсолютном значении максимальные просадки за эти годы составили около 2 м, глубины озёр увеличились с 0,4–0,6 м до 2–2,5 м. Эти изменения стали отражаться в структуре ландшафтов.

Влияние изменения климата на коренное население: результаты научных исследований

Знания коренных народов Арктики о влиянии климатических изменений на их занятия традиционными видами хозяйственной деятельности стали широко использоваться в научно-исследовательской работе в рамках программ Международного полярного года 2007–2008 гг. Повышенная наблюдательность аборигенов за происходящими природно-климатическими изменениями проанализирована в ряде работ исследователей Сибири и Арктики [8; 12].

В исследовании большое внимание было уделено результатам полевых работ в арктических районах Республики Саха (Якутия). Данные районы отличаются не только раз-

нообразием преобладающих этносов, но и специализацией хозяйств. Так, Анабарский улус является единственным в Якутии районом проживания долган, основным занятием которых является тундровое оленеводство и охота. В Верхнеколымском и Нижнеколымском районах исследования проводились среди юкагиров. Среднеколымский и Верхоянский районы являются территорией расселения северных якутов, занимающихся разведением скота и лошадей. В Булунском, Среднеколымском и Эвено-Бытантайском улусах преобладающим коренным этносом являются эвены, основным традиционным занятием которых является оленеводство.

Большинство населённых пунктов исследуемых районов, в которых проживают коренные этносы, располагаются на берегах крупных рек: Лена, Анабар, Оленёк, Яна, Индигирка, Алазея и Колыма. Усиление весенних паводков и учащение наводнений в последние десятилетия ускорили процессы размыва берегов и таяния мерзлоты. Под угрозой затопления оказались объекты жизнеобеспечения местных сообществ [6]. В Якутии имеется опыт полного переноса населённого пункта на незатопляемый участок, осуществлённый в Олекминском улусе [5]. Для некоторых поселений весьма остро стоит вопрос переноса на незатопляемое место [11]. Из-за изменения климата и его последствий существует реальная угроза массовых миграций и необратимого разрушения сложившейся производственной и расселенческой структуры [5].

Для инфраструктуры рассматриваемого региона повышение температуры многолетнемёрзлых грунтов приводит

или может привести в будущем к уменьшению несущей способности свайных фундаментов, оснований и опор. В Якутске за период с начала 1970-х гг. более 300 зданий получили серьёзные повреждения в результате просадок мёрзлых почвогрунтов. В крупных северных городах с развитой инженерной инфраструктурой, например, Якутске, эта проблема дополнительно осложняется негативным влиянием антропогенных и техногенных факторов, усиливающих деструктивное воздействие меняющегося климата [7].

Результаты опроса, проведённого в рамках российско-японского международного проекта, показали обеспокоенность местного населения «изменениями окружающей среды в месте проживания. Полученные результаты показывают, что сельские жители Якутии испытывают на себе разные аспекты влияния изменений в окружающей среде, и многие из них видят в этих изменениях важные проблемы, возникающие в среде их проживания» [4].

Восприятие изменения климата жителями арктических улусов

На основе полевых материалов, собранных В.В. Филипповой в арктических районах Якутии, в сравнении с наблюдениями коренных жителей прибрежных районов Чукотского автономного округа об изменении климата можно выделить следующие группы проблем, связанных, по мнению местного населения, с изменениями климата¹:

¹ Кавры В., Болтунов А. Наблюдения коренных жителей прибрежных районов Чукотского автономного округа об изменении климата. Отчёт по проекту Арктической климатической программы Всемирного

1) Изменение водного режима рек и озёр (усиление весенних паводков, участвовавшие наводнения, ускорение процессов размыва берегов).

Последствия: затопление и подтопление населённых пунктов, более поздние сроки ледостава/раннее вскрытие рек, абразия берегов.

Адаптационные стратегии:

- перенос населённых пунктов на незатопляемые участки;
- новый способ строительства домов на «сваях», погружённых на 2,5 м вглубь земли;
- смена хозяйственного цикла;
- строительство новых зданий и хозяйственных построек;
- разработка нового генерального плана населённого пункта.

2) Таяние вечной мерзлоты.

Последствия: подтопление населённых пунктов; заболачивание местности; затопление и гниение леса; «исчезновение» озёр; образование оврагов и разломов; усиление роста кустарников на оленьих пастбищах.

Адаптационные стратегии:

- принят Перечень первоочередных мероприятий по предотвращению негативного влияния современных гидрологических процессов на жизнедеятельность сёл;
- выбираются новые хозяйственные маршруты и новые места под пастбища;
- хозяйства сокращают поголовье оленей и/или не увеличивают поголовье оленей.

3) Непредсказуемость/нестабильность погоды и учащение опасных метеорологических явлений (дожди в

фонда дикой природы (WWF), выполненному WWF России. Чукотка 2005–2006. URL: https://wwf.ru/upload/iblock/459/chukotka_ru.pdf (дата обращения 10.06.2019).

ноябре–декабре, выпадение большого количества снега, резкое повышение температуры и оттайка снежного покрова).

Последствия: резкие перепады температуры и атмосферного давления, опасные метеорологические явления, образование ледяной корки, изменение продолжительности явлений, оказывающих негативное влияние на население и его традиционную хозяйственную деятельность.

Адаптационные стратегии: пока нет способов адаптации к проблемам данной группы, кроме как надлежащего ухода за оленями и лошадьми.

4) Изменение ареалов обитания животных и миграции дикого оленя из-за потепления.

Последствия: дикие олени уводят стада домашних оленей и вытапывают олени пастбища; появились птицы (напр., краквя, чирок, дрозд-рябинник) и животные (в связи с продвижением на север кустарничковых растений и потеплением климата в тундру стал выходить соболь, среди мышевидных грызунов встречается красная полёвка), нехарактерные для Севера и Арктики; в связи с повышением температуры воды промысловые виды рыб «уходят» вглубь, что приводит к сокращению улова.

Адаптационные стратегии:

- обеспечение хорошего ухода за оленями в период миграции диких оленей;

- поиск других участков для рыбопромысла и охоты; однако данная стратегия наталкивается на проблему: необходимость аренды участков у других землепользователей.

5) Смещение сезонов: удлинение осени и быстрое наступление весны.

Последствия: невозможно предугадать, когда рыба пойдёт на нерест (рыба стала нереститься в разное время), оленеводы не успевают перекочевать на весенние пастбища – при переправе через реку на пастбища есть опасность уйти под лёд при раннем ледоходе и/или позднем ледоставе.

Адаптационные стратегии:

- оленеводы вынуждены сокращать зимние маршруты.

Наблюдение местных жителей за климатическими изменениями в Якутии схожи с результатами, полученными в других регионах Сибири, прежде всего воздействием изменения климата на качество пастбищных ресурсов, состояние здоровья северных оленей и пути их миграции, на увеличение числа кровососущих насекомых [8; 17].

Заключение

Рассчитанные пространственные распределения средних годовых и летних температур указывают на повсеместное потепление на территории Якутии в течение последних 53 лет. Тренды осадков, как годовых, так и за период устойчивых отрицательных температур, изменяются от +100 мм на континенте до отрицательных значений (-100 мм) к береговой зоне за этот же период. Потепление осуществляется в основном за счёт роста межсезонных температур. Многолетнемёрзлые грунты подвержены также изменениям (увеличение мощности активного слоя), пока не катастрофическим, но требующим постоянного мониторинга.

Результаты научных исследований совпадают с наблюдениями местного населения Якутии. Учёными установлен рост межсезонных (весна и осень)

температур, население фиксирует удлинение осени и быстрое наступление весны, усиление весенних паводков, более поздние сроки ледостава и более раннее вскрытие рек. Исследования показывают рост среднегодовой температуры, ухудшение мерзлотных условий, а местные жители говорят об их негативных последствиях: подтопление населённых пунктов, заболачивание местности и затопление лесных участков. Участвовавшие аномальные погодные условия, отрицательно влияющие на человека и его хозяйственную деятельность, отмечаются как местным населением, так и инструментальными наблюдениями.

Сравнение результатов исследований на Чукотке [1] с полученными данными в Якутии показывает схожесть проблем в хозяйственной деятельности, связанных, по мнению местного населения, с изменением климата и природной среды. В Якутске и Анадыре, региональных столицах, население особо озабочено разрушением зданий и инженерных коммуникаций из-за просадок мерзлых грунтов.

В местах проживания коренных этносов особо актуальными являются негативные последствия изменения климата для традиционных видов природопользования – оленеводства и

рыболовства. К некоторым проблемам – непредсказуемость и нестабильность погодных уловий и учащение опасных метеорологических явлений – населением пока не отработаны способы адаптации.

Усиление весенних паводков и участвовавшие наводнения тревожат жителей поселений Якутии, расположенных на берегах таких крупных рек, как Лена, Яна, Индигирка и др. Их перенос в более безопасные, с точки зрения инженерно-геокриологических условий, места, как и адаптация к изменениям окружающей среды, является актуальным для обоих регионов.

Не только учёные, но и население Якутии обеспокоены изменениями климата и окружающей среды в районах его постоянного проживания. Наблюдения местных жителей за изменением климата и природной среды и их традиционные знания, позволяющие адаптироваться к таким изменениям, являются важным источником информации. Их следует учитывать наряду с инструментальными наблюдениями и мониторингом соответствующих служб, при разработке мер по адаптации населения и хозяйственной деятельности к изменениям климата.

Статья поступила в редакцию 31.05.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Нувано В. Н. Изменение климата и его влияние на хозяйственную деятельность населения Чукотки: научные знания и наблюдения местного населения // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты: материалы международной научно-практической конференции: в 2 т. Т. 2 / отв. ред. Н. В. Яковенко. Воронеж, 2019. С. 52–55.
2. Ананичева М. Д., Кононов Ю. М. Горные ледники Севера России: изменения за последние десятилетия под воздействием вариаций климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2020. Т. 3. С. 42–72.
3. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Жегусов Ю. И. Общественное восприятие измене-

- ния климата в холодных регионах России: пример Якутии // Лёд и Снег. 2017. № 57 (4). С. 565–574.
4. Боякова С. И., Гото М., Григорьев С. А. и др. Вечная мерзлота и культура. Глобальное потепление и Республика Саха (Якутия), Российская Федерация : учеб. пособие. Сендай, 2019. 74 с.
 5. В ожидании ледохода: социальные аспекты разрушительных наводнений в сельской Якутии (конец XX – начало XXI вв.) / Л. И. Винокурова, В. В. Филиппова, А. А. Сулейманов, С. А. Григорьев // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. 2016. № 1. С. 28–40.
 6. Наводнения в Арктике: воздействие на жизнь местных общин в России и США / Т. Н. Гаврильева, Дж. Ч. Эйкельбергер, Е. Е. Контарь, В. В. Филиппова, А. Н. Саввинова // ЭКО. 2017. № 8. С. 93–113.
 7. Кириллина К. С. Современные тенденции изменения климата республики Саха (Якутия) // Учёные записки. 2013. № 30. С. 69–77.
 8. Медведков А. А. Трансформация «кормящих ландшафтов» и традиционной культуры аборигенных народов Сибири в условиях изменения климата // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2016. Т. 22. № 1. С. 62–70.
 9. Фёдоров А. Н. Эволюция и динамика мерзлотных ландшафтов Якутии : дис. ... док. геогр. наук. Якутск. 2020. 302 с.
 10. Мерзлотно-ландшафтная карта республики Саха (Якутия) масштаба 1:1500000 / А. Н. Фёдоров, А. А. Шестакова, Я. Н. Торговкин, Н. Ф. Васильев // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования : сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти члена-корреспондента РАН А. Н. Антипова. Иркутск, 2019. С. 680–683.
 11. Филиппова В. В. Эвены Березовки в условиях наводнений: из опыта седентеризации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2017. № 12. С. 84–88.
 12. Шадрин В. И. Коренные народы в условиях изменения климата (на примере народов Севера Якутии) // Вопросы истории и культуры северных стран и территорий. 2009. № 2 (6). С. 95–101.
 13. A 16-year record (2002–2017) of permafrost, active-layer, and meteorological conditions at the Samoylov Island Arctic permafrost research site, Lena River delta, northern Siberia: an opportunity to validate remote-sensing data and land surface, snow, and permafrost models / J. Boike, K. Anders, J. Nitzbon, M. Grigoriev // Earth System Science Data. 2019. № 11. P. 261–299.
 14. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation / W. N. Adger, J. Barnett, K. Brown, N. Marshall, K. O'Brien // Nature Climate Change. 2013. № 3. P. 112–117.
 15. Crate A. Susan Climate and Culture: Anthropology in the Era of Contemporary Climate Change // Annual Review of Anthropology. 2011. № 40 (1). P. 175–194.
 16. Indigenous Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation / D. Nakashima, I. Krupnik, J. Rubis, C. Mondragon, eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 210 p.
 17. Medvedkov A. The kets ethnos and its «feeding landscape»: ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate // Geography, Environment, Sustainability. 2013. № 6 (3). P. 108–118.
 18. Nuttall M. Arctic Environments and Peoples. 2018. DOI:10.1002/9781118924396.wbiea1480
 19. Stoutenborough J. W., Liu X., Vedlitz A. Trends in public attitudes toward climate change: The influence of the economy and climategate on risk, information, and public policy // Risk, Hazards & Crisis in Public Policy. 2014. Vol. 5. № 1. P. 22–37.

REFERENCES

1. Ananicheva M. D., Litvinenko T. V., Nuvano V. N. [Climate change and its impact on the economic activity of the population of Chukotka: scientific knowledge and observations of the local population]. In: Yakovenko N. V., ed. *Teoreticheskie i prikladnye problemy geograficheskoi nauki: demograficheskii, sotsialnyi, pravovoi, ekonomicheskii i ekologicheskii aspekty : materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2 t. T. 2.* [Theoretical and applied problems of geographical science: demographic, social, legal, economic and environmental aspects : proceedings of the international scientific and practical conference: in 2 volumes. Vol. 2]. Voronezh, 2019, pp. 52–55.
2. Ananicheva M. D., Kononov Yu. M. [Mountain glaciers of the North of Russia: changes in recent decades under the influence of climate variations]. In: *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and Applied Climatology], 2020, vol. 3, pp. 42–72.
3. Anisimov O. A., Zhiltsova E. L., Zhegusov Yu. I. [Public perception of climate change in cold regions of Russia: the example of Yakutia]. In: *Led i Sneg* [Ice and Snow], 2017, no. 57 (4), pp. 565–574.
4. Boyakova S. I., Goto M., Grigorev S. A., et al. *Vechnaya merzlota i kultura. Globalnoe poteplenie i Respublika Sakha (Yakutiya), Rossiiskaya Federatsiya : ucheb. posobie* [Permafrost and culture. Global warming and the Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation: textbook]. Sendai, 2019. 74 p.
5. Vinokurova L. I., Filippova V. V., Suleimanov A. A., Grigoriev S. A. [Waiting for an ice drift: social aspects of devastating floods in rural Yakutia (late 20th – early 21st centuries)]. In: *Gumanitarnye issledovaniya v Vostochnoi Sibiri i na Dalnem Vostoke* [Humanitarian Research in Eastern Siberia and in the Far East], 2016, no. 1, pp. 28–40.
6. Gavrilova T. N., Eikelberger J. C., Kontar E. E., Filippova V. V., Savvinova A. N. [Floods in the Arctic: Impact on Local Communities in Russia and the United States]. In: *EKO* [EKO], 2017, no. 8, pp. 93–113.
7. Kirillina K. S. [Current trends in climate change in the Republic of Sakha (Yakutia)]. In: *Uchenye zapiski* [Scientific notes], 2013, no. 30, pp. 69–77.
8. Medvedkov A. A. [Transformation of ‘nourishing landscapes’ and traditional culture of the indigenous peoples of Siberia in the context of climate change]. In: *InterKarto. InterGIS*, 2016, vol. 22, no. 1, pp. 62–70.
9. Fedorov A. N. *Evolutsiya i dinamika merzlotnykh landshaftov Yakutii : diss. ... dok. geogr. nauk* [Evolution and dynamics of permafrost landscapes in Yakutia : Dr. Sci. thesis in Geographical sciences]. Yakutsk, 2020. 302 p.
10. Fedorov A. N., Shestakova A. A., Torgovkin Ya. N., Vasilev N. F. [Permafrost landscape map of the Republic of Sakha (Yakutia) at a scale of 1: 1500000]. In: *Geograficheskie osnovy i ekologicheskie printsipy regionalnoi politiki prirodopolzovaniya : sbornik trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati chlena-korrespondenta RAN A. N. Antipova* [Geographic foundations and ecological principles of regional environmental policy : a collection of proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences A. N. Antipov]. Irkutsk, 2019, pp. 680–683.
11. Filippova V. V. [Evens of Berezovka in flood conditions: from the experience of sedenterization]. In: *Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnye nauki* [Modern science: topical problems of theory and practice. Series: Humanities], 2017, no. 12, pp. 84–88.
12. Shadrin V. I. [Indigenous peoples in the context of climate change (on the example of the peoples of the North of Yakutia)]. In: *Voprosy istorii i kultury severnykh stran i territorii*

- [Issues of the history and culture of the Nordic countries and territories], 2009, no. 2 (6), pp. 95–101.
13. Boike J., Anders K., Nitzbon J., Grigoriev M. A 16-year record (2002–2017) of permafrost, active-layer, and meteorological conditions at the Samoylov Island Arctic permafrost research site, Lena River delta, northern Siberia: an opportunity to validate remote-sensing data and land surface, snow, and permafrost models. In: *Earth System Science Data*, 2019, no. 11, pp. 261–299.
 14. Adger W. N., Barnett J., Brown K., Marshall N., O'Brien K. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. In: *Nature Climate Change*, 2013, no. 3, pp. 112–117.
 15. Crate A. Susan Climate and Culture: Anthropology in the Era of Contemporary Climate Change. In: *Annual Review of Anthropology*, 2011, no. 40 (1), pp. 175–194.
 16. Nakashima D., Krupnik I., Rubis J., Mondragon C., eds. *Indigenous Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation*. Cambridge, Cambridge University Press, 2018. 210 p.
 17. Medvedkov A. The kets ethnos and its 'feeding landscape': ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2013, no. 6 (3), pp. 108–118.
 18. Nuttall M. Arctic Environments and Peoples. 2018. DOI:10.1002/9781118924396.wbiea1480
 19. Stoutenborough J. W., Liu X., Vedlitz A. Trends in public attitudes toward climate change: The influence of the economy and climategate on risk, information, and public policy. In: *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 2014, vol. 5, no 1, pp. 22–37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ананичева Мария Дмитриевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН;
e-mail: maranan@gmail.com

Литвиненко Тамара Витальевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН;
e-mail: tamaralit@bk.ru

Филиппова Виктория Викторовна – кандидат исторических наук, старший научный сотрудник отдела истории и арктических исследований Института гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера Сибирского отделения РАН;
e-mail: filippovav@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria D. Ananicheva – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, RAS;
e-mail: maranan@gmail.com

Tamara V. Litvinenko – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, RAS;
e-mail: tamaralit@bk.ru

Viktoria V. Filippova – Cand. Sci. (History), Senior Researcher, Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS;
e-mail: filippovav@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ананичева М. Д., Литвиненко Т. В., Филиппова В. В. Изменение климата в республике Саха (Якутия) и его влияние на население: инструментальные измерения и наблюдения местных жителей // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 6–21.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21

FOR CITATION

Ananicheva M. D., Litvinenko T. V., Filippova V. V. Climate change in the republic of Sakha (Yakutia) and its impact on the population: instrumental measurement and observations of the local population. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 6–21.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-6-21

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОГЕОГРАФИЯ ЛАНДШАФТОВ

УДК 911.2

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33

КОРМОВАЯ БАЗА ОХОТО-КОРЕЙСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ СЕРЫХ КИТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА

Беловодова О. С.

*Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова
19234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Выявить зависимости многолетней динамики амфиподов вида Ampeliscidae от совместного влияния загрязнения нефтеуглеводородами нагульного района охото-корейской популяции серых китов и повышения температуры воды.

Процедура и методы. Изучены научные работы о численности и поведении серых китов в современных условиях, характеризующихся негативным антропогенным воздействием на водные экосистемы Охотского моря, а также производственные отчёты нефтяных компаний. Проанализированы динамика температуры поверхностных водных масс и концентрация нефтеуглеводородов. Сделана оценка корреляционных связей между нефтяным загрязнением, изменением температуры воды и численностью амфиподов. Анализ корреляционных связей проведён посредством корреляционного коэффициента Пирсона, который позволяет определить пропорциональность изменчивости двух переменных в одной выборке.

Результаты. Изменение климата наряду с загрязнением окружающей среды могут синергетически воздействовать на организмы, усиливая неблагоприятные последствия не только на кормовую базу серого кита, но и на экосистему в целом. На основе статистических данных из производственных отчётов выявлена корреляция между многолетней динамикой температуры воды, нефтяным загрязнением нагульного района китов и численностью амфиподов. Анализ показал значимую корреляцию как с динамикой температур, так и с изменением концентрации нефтеуглеводородов.

Теоретическая и/или практическая значимость. Полученные данные могут быть использованы для обоснования необходимого смягчения антропогенного воздействия на экосистемы акватории, которые являются местами нагулов для редких видов. Статья значима для дальнейшей разработки природоохранных рекомендаций для нефтяных компаний, ведущих деятельность в данном районе.

Ключевые слова: серый кит, кормовые ресурсы, амфиподы, потепление климата, нефтяное загрязнение, нагульный район, Охотское море

FOOD BASE OF THE OKHOTSK-KOREAN GRAY WHALE POPULATION UNDER CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL AND CLIMATE CHANGE

O. Belovodova

Lomonosov Moscow State University

Leninskie Gory 1, Moscow 119234, Russian Federation

Abstract

Aim. The purpose is to reveal the dependence of the long-term dynamics of the *Ampeliscidae* on the combined effect of pollution of the feeding area of the Okhotsk-Korean gray whale population by oil hydrocarbons and temperature rise.

Methodology. We have studied research papers on the number and behavior of gray whales under anthropogenic impact, as well as production reports of oil companies. The dynamics of the temperature of surface water masses and the concentration of petroleum hydrocarbons are analyzed. Correlations between oil pollution, temperature changes and the number of amphipods are assessed. The analysis of correlations is performed using the Pearson correlation coefficient, which makes it possible to determine the proportionality of the variability of two variables in one sample.

Results. Climate change, along with environmental pollution, can synergistically affect organisms, increasing the adverse effects not only on the food supply of the gray whale, but also on the ecosystem as a whole. On the basis of statistical data from production reports, a correlation has been revealed between long-term temperature dynamics, oil pollution of the whale feeding area and the number of amphipods. The analysis shows a significant correlation with both the temperature dynamics and the change in the concentration of petroleum hydrocarbons.

Research implications. The obtained data can be used to substantiate the necessary mitigation of anthropogenic impact on the ecosystems of the water area, which are feeding grounds for rare species. The paper is significant for the further development of environmental protection recommendations for oil companies operating in the area.

Keywords: gray whale, food resources, amphipod, climate warming, oil pollution, feeding area, Okhotsk Sea

Введение

В акватории Охотского моря наблюдаются изменения, связанные с сокращением морского льда, положительной динамикой температур и повышенной антропогенной активностью [20; 24]. Положительная динамика температур и загрязнение нефтеуглеводородами могут оказать синергетический эффект, выходящий за рамки влияния отдельных факторов стресса на живые организмы. Умеренное повышение температуры воды акватории Охотского моря усиливает неблагоприятное воздействие загрязнения нефтяными углеводородами даже в малых или незначительных концентрациях, что может иметь потенциальные последствия на уровне популяции [21].

Интенсивная разработка шельфовых месторождений в Охотском море в содействии с повышением температуры может создать опасность деструкции экосистем летне-осенних нагульных районов малочисленной популяции охото-корейского серого кита. При деградации репродуктивных способностей и

уменьшении популяции амфиподов, вследствие совместного воздействия температуры и загрязнения акватории нефтеуглеводородами, нарушается баланс как пищевой цепи, так и экосистемы акватории в целом.

Eschrichtius robustus включён в I категорию Списка видов животных МСОП, а также в Красную книгу Российской Федерации. Популяционная динамика серого кита во многом зависит от способности справиться с кумулятивным воздействием антропогенных и природных факторов не только на самих китов, но и на их кормовую базу.

Цель данного исследования – анализ влияния синергетического эффекта повышенных температур и загрязнения нефтеуглеводородами в малых концентрациях на состояние и межгодовые колебания количества *Ampeliscidae*. Исследование проблемы может быть актуально при дальнейшей оценке рисков, связанных с изменением климата и загрязнением морских акваторий. Так, Н. Н. Митина обосновала необходимость природоохранных мероприятий на мелководном участке Дальневосточного побережья Японского моря [9].

Данное исследование построено на отчётных материалах, статистических данных и фотоматериалах компании «Газпром нефть» 2009–2019 гг.

Данные об изменении численности амфиподов, температуры и концентраций нефтеуглеводородов были обработаны с помощью методов математической статистики в статистическом пакете SPSS (анализ корреляционных связей). Анализ корреляционных связей был проведён посредством корреляционного коэффициента Пирсона, который позволяет определить про-

порциональность изменчивости 2 переменных в одной выборке.

Особенности акватории

Охотское море расположено в северо-западной части Тихоокеанского бассейна. Разрабатываемые и подтверждённые нефтегазоносные участки находятся в северной и восточной части побережья о. Сахалин, а их ресурсы насчитывают от 1 до 5 млрд тонн нефти и 1–4 трлн м³ газа (рис. 1). В настоящий момент эксплуатируются месторождения по проектам «Сахалин 1, 2, 3» Одоптинское, Чайвинское, Аркутун-Даги, Пильтун-Астохское, Лунское, Кириновское и месторождения на Аяшском участке недр [25].

Климат рассматриваемой акватории определяется её местоположением. Во многом Охотское море повторяет климатические паттерны арктических морей, хотя и расположено в умеренных широтах. В этой связи существует достаточное количество аналоговых работ, в которых описаны концептуальные подходы к данной проблеме, а также экологические риски, связанные с изменением климата [8]. Тем не менее, основные метеорологические величины не лишены своей специфики, определяемой перманентными и сезонными центрами действия атмосферных процессов, интенсивность которых связана с физическими характеристиками Тихого океана и Азиатского материка. За последние 60 лет в рассматриваемой акватории наблюдается снижение ледовитости, которое к настоящему моменту достигло 20%. Это может быть объяснено теми же процессами повышения температур, что и в арктической акватории, поскольку влияние холодных воздушных масс, приносимых ветрами

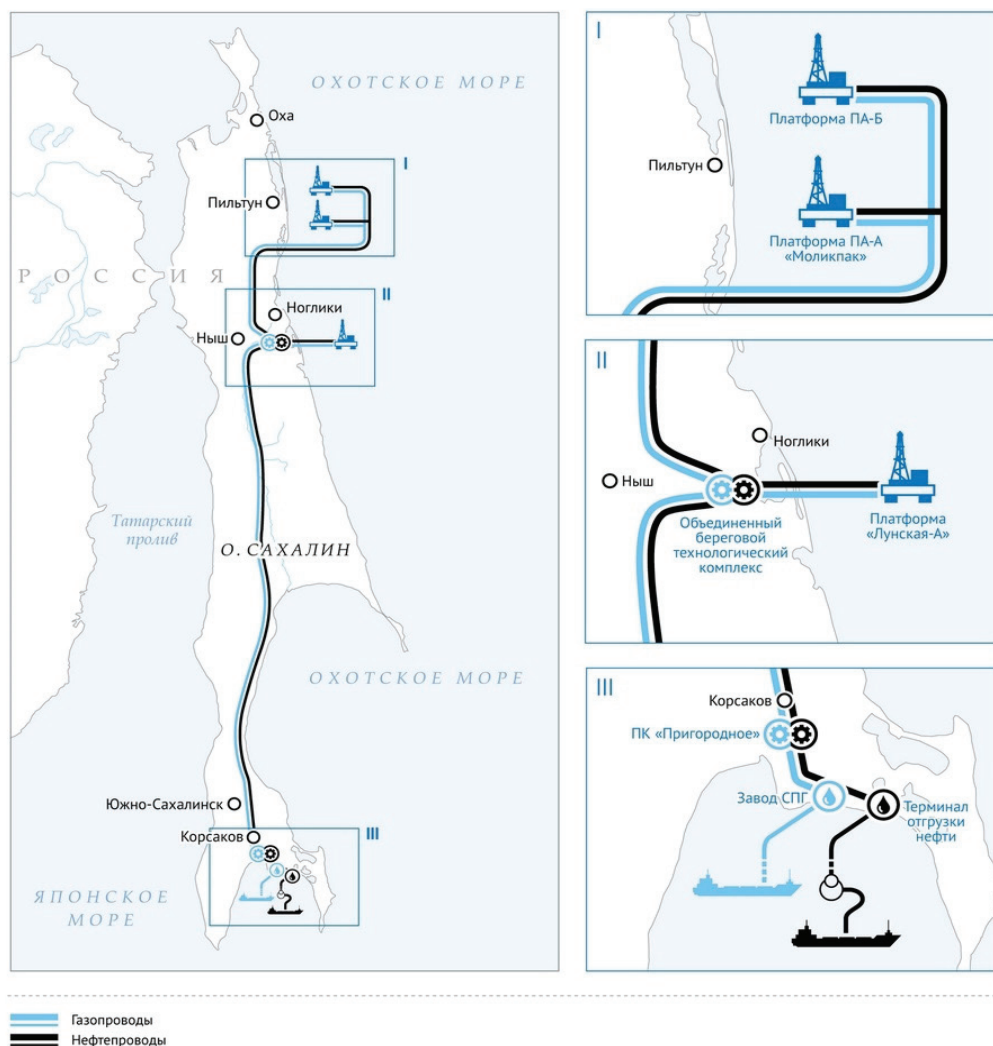


Рис. 1/ Fig. 1. Газопроводы и нефтепроводы в акватории Охотского моря /
Gas and oil pipelines in the Okhotsk Sea

Источник: Производственный отчёт «Газпром нефть», 2016 г. [Электронный ресурс].

URL: https://www.gazprom-neft.ru/annual-reports/2016/GPN_SR16_RUS_s.pdf
(дата обращения: 17.08.2021)

северо-западного и северного румбов, оказывает решающее влияние на льдообразование в Охотском море [14].

Общие представления о характере межгодовых вариаций температур за многолетний период позволяют составить оценки трендов и корреляционных связей с климатическими

индексами [15; 16; 17]. Изменения в циклонической регуляции, произошедшие в рассматриваемой акватории в начале столетия посредством перестройки региональных и глобальных атмосферных процессов, определили сокращение количества «холодных» синоптических типов и уменьшение

продолжительности и активности зимнего муссона. Впоследствии температурная динамика в акватории изменилась от 0.5 до 1.5°C за 10 лет [3; 6].

Снижение численности охотокорейской популяции серых китов (*Eschrichtius robustus*) на данный момент является одной из центральных проблем сахалинского шельфа. По данным оценочного моделирования, проведённого в нагульный период, размер популяции составил 134 особи, не включая детёнышей. Охото-корейская популяция наблюдается в Пильгунском районе нагула на протяжении всего безледового периода (рис. 2). Серые киты появляются в конце мая, в июне–августе их число продолжает расти, они концентрируются в районе нагула. Покидают нагульный район серые киты в ноябре–декабре [18; 19].

Впервые истощённые киты или киты в плохом физическом состоянии в акватории были зафиксированы в 1999 г., и их насчитывалось 10 особей. Уже в 2000 г. количество особей возросло до 27. Среди истощённых китов были определены самки. Среди охотокорейской популяции китов детёныши рождаются 2-3 раза в год, таким образом, плохое физическое состояние даже одной самки может привести к сокращению популяции.

Низкие темпы размножения и сокращения популяции во многом объясняются интенсивным освоением нефтегазовых ресурсов шельфа о. Сахалин. Потенциальные угрозы для серых китов охото-корейской популяции связаны с негативным влиянием нефтегазодобычи на их кормовую базу. Физическое и химическое загрязнение



Рис. 2 / Fig. 2. Хвостовой плавник серого кита / Tail fin of a gray whale

Источник: Итоговый отчёт по результатам производственного экологического контроля при проведении морских сейсморазведочных работ 2D

акватории в ходе нефтедобычи, строительных работ, сброса производственных отходов и прочих процессов ведёт к деструкции бентосных сообществ посредством длительного воздействия малых доз токсикантов. Вследствие питания китов бентосом, постоянно аккумулирующим различные токсиканты (даже если концентрации не превышают норм ПДК), в их организме возникают различные патологические изменения, в особенности это касается репродуктивной системы [1; 2].

Влияние биотических и абиотических факторов на кормовую базу серого кита

Кормовая база серого кита насчитывает более 70 видов беспозвоночных. Однако только сравнительно небольшое количество видов составляет основу рациона. Они относятся к отряду амфиподов (бокоплавов)¹. Большое количество амфиподов в составе бентоса в Пильтунском районе нагула объясняет привязанность китов к акватории о. Сахалин.

Численность бентоса и его состояние определяются как биотическими, так и абиотическими факторами. Одним из таких факторов является ледовый покров. Сокращение ледового покрова, а также раннее или позднее очищение акватории от ледового покрова влияет на метаболические процессы и особенности развития фитопланктона, который, в свою очередь, оказывает влияние на бентосные организмы.

Важнейшим биотическим фактором, влияющим на развитие бентосных сообществ, является температура воды. Данный фактор определяет интенсивность и темп обмена веществ и роста популяции. Более того, во многих случаях существует корреляционная зависимость между скоростью их развития и динамикой температуры водных масс [4].

Также стоит отметить роль прибрежных процессов с точки зрения долговременного влияния на бентос. Во время приливов на мелководье процессы конвективного перемешивания и образования льда формируют потоки холодных и плотных высокосолёных вод на шельфе. Эти горизонтальные и вертикальные потоки являются своеобразным поставщиком органических веществ в поверхностные слои ближайших районов. При тенденции к сокращению ледового покрова в Охотском море, а также ослабления конвекционных процессов возникает нарушение водно-солевого баланса, а поток шельфовых вод уменьшается на 30%. Свидетельством данного процесса является устойчивая положительная динамика температуры, уменьшение концентрации растворённого кислорода (слой 50–500 м) и солёности.

Не менее важным фактором для жизнедеятельности бентоса является детрит и пресная вода, которые поступают из залива Пильтун и из р. Амур. Приток является устойчивым фактором с незначительной многолетней изменчивостью. Во время вскрытия ледового покрова биогенные вещества из р. Амур, приток органических веществ из залива Пильтун и апвеллинги обеспечивают высокую продуктивность среди бентосных сообществ в

¹ Abram N., Adler C., Bindoff N. L., et al. IPCC. The Ocean and Cryosphere in a changing Climate : Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. 2019. 42 p.

Пильтунском нагульном районе охото-корейской популяции серых китов.

Постоянная антропогенная нагрузка на рассматриваемую акваторию привела к тому, что в ряде областей загрязняющее воздействие нефтеуглеводородов стало постоянно действующим фактором, оказывающим влияние на экосистему. Постепенная деструкция экосистемы является лишь конечным звеном в цепи изменений гидрохимических и гидрофизических свойств.

Несмотря на колоссальное количество исследований, в основном выполненных при поддержке нефтедобывающих компаний, количественные данные о нефтяном загрязнении присахалинских вод немногочисленны и переменны. Следует отметить, что на некоторых участках рассматриваемой акватории в воде и донных отложениях обнаруживаются повышенные концентрации нефтеуглеводородов, однако источники антропогенного загрязнения отсутствуют. Это объясняется проявлением природных нефтегазоносных структур [13].

В акватории Охотского моря фоновое содержание нефтеуглеводородов определено как 15–20 мкг/л [10; 11]. На шельфовых водах содержание экстрагируемых нефтеуглеводородов – 1–10 мкг/л, в заливах и устьях рек – 100–1 000 мкг/л, в районах работ по нефтедобыче загрязнения – 1 000 мкг/л [13].

До начала активных работ на шельфе Охотского моря наблюдались низкие концентрации алифатических углеводородов: в поверхностном слое – 15–23 мкг/л, а в придонном – 18,3–21,0 мкг/л. Впервые максимальное загрязнение было выявлено в 1993 г. в районе нефтедобывающей платформы

в Пильтунском районе (до 2 172 мкг/л). После проведения работ в окрестностях месторождения в донных осадках были выявлены аллохтонные устойчивые соединения, что свидетельствует о возрастающем загрязнении акватории. На данном этапе разработки нефтяных месторождений косвенным свидетельством присутствия повышенных концентраций нефтеуглеводородов может служить возрастающая численность нефтеокисляющих микроорганизмов южнее района нефтедобычи: 8,0x10⁴ кл/мл в 2001 г. и 2,5x10⁵ кл/мл в 2003 г. при их численности в фоновом районе 1,4x10³ кл/мл [12].

Стабильное состояние структуры экосистемы определяется устойчивыми связями между её элементами. Стабильное состояние экосистемы достигается за счёт воздействия определённого качества факторов среды и постоянных энергетических затрат на воспроизводство элементов системы и поддержание её упорядоченности – появление новых цепей и посредством изменения потока энергии к изменению функциональных характеристик.

Для бентосных организмов рассматриваемого района характерна чувствительность к долговременному загрязнению нефтеуглеводородами в малых концентрациях. К числу наиболее чувствительных к такому воздействию относятся ракообразные, в т. ч. и амфиподы [7].

Характеристика влияния совместного воздействия температуры и загрязнения нефтеуглеводородами

У вида *Ampelisca eschrichtii* (*Ampeliscidae*), который является основной кормовой базы охото-корейской

популяции серых китов среди прочих амфиподов и изоподов, при незначительном повышении температуры воды наблюдается повышение содержания энергетических метаболитов [23]. Повышенные метаболические затраты, связанные с воздействием повышенной температуры, могут ограничивать энергию, доступную для процессов детоксикации, и тем самым увеличивать потенциально токсические эффекты воздействия нефти [26].

Суммарный эффект воздействия повышенных температур воды и аккумуляции нефтеуглеводородов характеризуется преобладанием самок *Ampeliscidae* с атрофированными яичниками, что приводит к недостаточному количеству эмбрионов в выводке. Трофический стресс и голодание *Ampeliscidae* вследствие отсутствия необходимых кормовых организмов (фитопланктона) приводит к отсутствию самок со сформированными эмбрионами в выводковой сумке и самцов после терминальной линьки в летне-осенний период¹.

Многолетняя динамика массы амфиподов в рассматриваемом районе заключается в статистически значимом снижении. Тенденция к устойчивому снижению наблюдается с 2009 по 2019 г. с отрицательными пиками в 2013 г. – $614.1 \pm 132.2 \text{ г/м}^2$ ($n=58$), в 2014 г.

– $599.8 \pm 151.5 \text{ г/м}^2$ ($n=56$) [5], 2017 г. – $621,1 \pm 133,7 \text{ г/м}^2$ ($n=43$). В 2010–2012 гг. был замечен рост биомассы амфиподов², однако он не привёл к достижению значений биомассы на уровне 2008 г. [22]. Статистический анализ многолетней динамики амфиподов показал значимую корреляцию как с динамикой температур ($r = -0,324$, при $p = 0,005$), так и изменением концентрации нефтеуглеводородов ($r = -0,484$, при $p = 0$). Межгодовые вариации биомассы не являются статистически значимыми.

Заключение

В ходе многолетних исследований, которые проводились для неопубликованной экологической отчётности нефтяных компаний, выявлены серьёзные физиологические изменения в организме *Ampeliscidae*, являющиеся последствием воздействия комбинированных стрессов. Эти изменения проявляются в преобладании самок *Ampeliscidae* с атрофированными яичниками. Более того, в популяции наблюдается отсутствие самок со сформированными эмбрионами в выводковой сумке. Установлена значимая корреляция количества *Ampeliscidae* с многолетней динамикой температуры воды ($r = -0,324$, при $p = 0,005$) и нефтяным загрязнением ($r = -0,484$, при $p = 0$) нагульного района охото-корейской популяции серых китов.

На основе проанализированного материала появились основания предполагать, что синергетический эффект воздействия положительной динамики температуры водных масс

¹ Ивин В. В., Демченко Н. Л. Состояние бентоса в районах нагула серых китов (*Eschrichtius robustus*) у побережья северо-восточного Сахалина в 2014 г. (неопубликованный отчёт по контракту Института морской биологии, Дальневосточное отделение Российской Академии Наук (Владивосток, Россия) для компаний «Эксон Нефтегаз Лимитед» (Южно-Сахалинск, Россия) и «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лимитед» (Южно-Сахалинск, Россия).

² Итоговый отчёт по результатам производственного экологического контроля при проведении морских сейсморазведочных работ 2D.

Охотского моря и загрязнения нефтеуглеводородами оказывает значительное негативное влияние не только на *Ampeliscidae*, но и на экосистему моря в целом. *Ampeliscidae* является основной кормовой составляющей для охото-корейской популяции серого кита. Сокращение биомассы амфипод – один из определяющих факторов со-

кращения численности китов, которые приходили для нагула в Пильтунский район, и смещения популяции на юг во время нагула. Такие изменения могут повлечь дальнейшую непригодность нагульного района, и охото-корейская популяция серых китов его покинет.

Статья поступила в редакцию 08.07.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берзин А. А., Владимиров В. Л. Антропогенное воздействие на китов Охотского моря // Известия ТИНРО. 1996. Т. 121. С. 4–8.
2. Блохин С. А. Распределение, численность и поведение серых китов американской и азиатской популяций в районах их летнего распределения у берегов Дальнего Востока // Известия ТИНРО. 1996. Т. 121. С. 36–53.
3. Глебова С. Ю., Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Известия ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 285–298.
4. Детлаф Т. А. Температурно-временные закономерности развития пойкилотермных животных. М.: Наука, 2001. 211 с.
5. Динамика биомассы кормовой базы в районах нагула серых китов у северо-восточного побережья острова Сахалин (в Охотском море) 2001–2015 / Бланшард А. Л., Демченко Н. Л., Аертс Л. А. М., Язвенко С. Б., Ивин В. В., Щербаков И., Мелтон Г. Р. // Marine Environmental Research. 2019. Vol. 145. С. 123–136.
6. Карпова И. П., Шатилина Т. А. Долгопериодная изменчивость температуры воды и воздуха у юго-западного побережья Сахалина // Известия ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 50–60.
7. Оценка экологической ёмкости среды для серых китов (*Eschrichtius robustus*) в известных районах нагула у северо-восточного побережья о-ва Сахалин / В. С. Лабай, С. Т. Ким, А. В. Смирнов, В. Н. Частиков, Г. В. Шевченко, Ж. Р. Цхай // Морские млекопитающие Голарктики : сборник научных трудов по материалам X международной конференции, посвящённой памяти А. В. Яблокова. 2019. Москва: РОО “Совет по морским млекопитающим”, 2019. С. 174–185.
8. Медведков А. А. Арктическая зона РФ: новые геоэкологические вызовы в условиях глобальных изменений климата // Мировая экологическая повестка и Россия : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (16–18 ноября 2020 г., г. Москва). М.: МГУ, 2020. С. 90–95.
9. Митина Н. Н. Структура и физико-географическая дифференциация ландшафтов морских мелководий : автореф. дис. ... док. географ. наук. Москва, 2005. 36 с.
10. Немировская И. А. Содержание и состав углеводородов в донных осадках сахалинского шельфа // Геохимия, 2008. № 4. С. 414–421.
11. Немировская И. А. Углеводороды воды и донных осадков Охотского моря // Геохимия. 1995. № 7. С. 1009–1020.
12. Немировская И. А., Люцарев С. В., Шанин С. С. Органические вещества воды и взвеси Сахалинского шельфа // Геохимия. 1997. № 9. С. 959–966.
13. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.
14. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1982 по 2015 г. / Пищальник В. М., Романюк В. А., Минервин И. Г., Батухтина А. С. // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 1–12.

15. Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д., Хен Г. В. Межгодовая изменчивость термических условий Охотского моря // Известия ТИНРО. 2002. Т. 130. С. 44–51.
16. Хен Г. В., Басюк Е. О., Сорокин Ю. Д. и др. Термические условия на поверхности Берингова и Охотского морей в начале 21-го века на фоне полувековой изменчивости // Известия ТИНРО. 2008. Т. 153. С. 254–263.
17. Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Оценка статистической значимости изменчивости температуры воды в Японском море и северо-западной части Тихого океана в 1982–2007 гг. // Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. 2011. Т. 12. С. 180–190.
18. Шунтов В. П., Бочаров Л. Н., Волвенко И. В. и др. Экосистемное изучение биологических ресурсов дальневосточных морских вод России: некоторые результаты исследований в конце 20 – начале 21-го столетия // ТИНРО-85. Итоги десятилетней деятельности. 2000–2010 гг. : сб. статей. Владивосток, 2010. С. 25–78.
19. Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в дальневосточной российской экономической зоне / Шунтов В. П., Дулепова Е. П., Темных О. С., Волков А. Ф. // Дашко Н. А., Тарасов В. Г. Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 72–176.
20. Carmack E. et al. Toward quantifying the increasing role of oceanic heat in sea ice loss in the new arctic // Bulletin of the American Meteorological Society. 2015. № 96 (12). P. 2079–2105.
21. Crain C. M., Kroeker K., Halpern B. S. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems // Ecology Letters. 2008. № 11 (12). P. 1304–1315.
22. Fadeev V. I. Benthos studies in feeding grounds of the Okhotsk-Korean gray whale population in 2010. Vladivostok, 2011. 115 p.
23. Nerini M. K., Oliver J. S. Gray whales and the structure of the Bering Sea benthos // Oecologia. 1983. Vol. 59. P. 224–225.
24. Ohshima K. I., Nakanowatari T., Riser S., et al. Freshening and dense shelf water reduction in the Okhotsk Sea linked with sea ice decline // Progress In Oceanography, 2014. Vol. 126. P. 71–79.
25. Petrenco V. Ye., Chigay S. Ye., Nikitin B. A., et al. Offshore hydrocarbon resources of Okhotsk sea and the results of their development by the Gazprom OJSC // Gazovaya Promyshlennost. 2014. № 716. P. 16–21.
26. Tkalin A. V., Lishavskaya T. S., Belan T. A., et al. Monitoring of potential environmental effects of oil exploration in the Sea of Okhotsk and distribution of artificial radionuclides in the Sea of Japan // Pacific Oceanography. 2003. Vol. 1. № 1. P. 42–52.

REFERENCES

1. Berzin A. A., Vladimirov V. L. [Anthropogenic Impact on Whales in the Sea of Okhotsk]. In: *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 121, pp. 4–8.
2. Blokhin S. A. [Distribution, abundance, and behavior of American and Asian gray whales in the areas of their summer distribution off the coast of the Far East]. In: *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 121, pp. 36–53.
3. Glebova S. Yu., Ustinova E. I., Sorokin Yu. D. [Long-term trends in the course of atmospheric processes and thermal regime of the Far Eastern seas over the last 30-year period]. In: *Izvestiya TINRO*, 2009, vol. 159, pp. 285–298.
4. Detlaf T. A. *Temperaturno-vremennye zakonomernosti razvitiya poikilothermnykh zhivotnykh* [Temperature-time patterns of development of poikilothermic animals]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 211 p.

5. Blanshard A. L., Demchenko N. L., Aerts L. A. M., Yazvenko S. B., Ivin V. V., Shcherbakov I., Melton G. R. [Changes in the biomass of the food supply in the gray whale feeding areas off the northeastern coast of the Sakhalin Island (in the Sea of Okhotsk) 2001–2015]. In: *Marine Environmental Research*, 2019, vol. 145, pp. 123–136.
6. Karpova I. P., Shatilina T. A. [Long-term variability of water and air temperatures off the southwestern coast of Sakhalin]. In: *Izvestiya TINRO*, 2000, vol. 127, pp. 50–60.
7. Labai V. S., Kim S. T., Smirnov A. V., Chastikov V. N., Shevchenko G. V., Tskhai Zh. R. [Assessment of the ecological capacity of the environment for gray whales (*Eschrichtius robustus*) in known feeding areas off the northeastern coast of the Sakhalin Island. In: *Morskie mlekoopitayushchie Golarkiki : sbornik nauchnykh trudov po materialam X mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati A. V. Yablokova. 2019* [Marine mammals of the Holarctic: collection of scientific papers based on the materials of the X international conference dedicated to the memory of A. V. Yablokov. 2019]. Moscow, 2019, pp. 174–185.
8. Medvedkov A. A. [Arctic zone of the Russian Federation: new geoecological challenges in the context of global climate change]. In: *Mirovaya ekologicheskaya povestka i Rossiya : materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (16–18 noyabrya 2020 g., g. Moskva)* [World Environmental Agenda and Russia: materials of the All-Russian scientific conference with international participation (16–18 November, 2020, Moscow)]. Moscow, Moscow University Press Publ., 2020, pp. 90–95.
9. Mitina N. N. *Struktura i fiziko-geograficheskaya differentsiatsiya landshaftov morskikh melkovodii : avtoref. diss. ... dok. geograf. nauk* [The structure and physical-geographical differentiation of landscapes of shallow marine waters: abstract of Dr. Sci. thesis in Geographical Sciences], Moscow, 2005. 36 p.
10. Nemirovskaya I. A. [Content and composition of hydrocarbons in bottom sediments of the Sakhalin shelf]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 2008, no. 4, pp. 414–421.
11. Nemirovskaya I. A. [Hydrocarbons in water and bottom sediments of the Sea of Okhotsk]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 1995, no. 7, pp. 1009–1020.
12. Nemirovskaya I. A., Lyutsarev S. V., Shanin S. S. [Organic matter of water and suspended matter on the Sakhalin shelf]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 1997, no. 9, pp. 959–966.
13. Patin S. A. *Neft i ekologiya kontinentalnogo shelfa* [Oil and ecology of the continental shelf]. Moscow, VNIRO Publ., 2001. 247 p.
14. Pishchalnik V. M., Romanyuk V. A., Minervin I. G., Batukhtina A. S. *Analiz dinamiki anomalii ledovitosti Okhotskogo morya v period s 1982 po 2015 g.* [Analysis of the dynamics of ice cover anomalies in the Sea of Okhotsk in the period from 1982 to 2015]. In: *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 185, pp. 1–12.
15. Ustinova E. I., Sorokin Yu. D., Khen G. V. [Interannual variability of thermal conditions in the Sea of Okhotsk]. In: *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, pp. 44–51.
16. Khen G. V., Basyuk E. O., Sorokin Yu. D., et al. [Thermal conditions on the surface of the Bering and Okhotsk seas at the beginning of the 21st century against the background of half a century of variability]. In: *Izvestiya TINRO*, 2008, vol. 153, pp. 254–263.
17. Shatilina T. A., Tsitsiashvili G. Sh., Radchenkova T. V. [Assessment of the statistical significance of water temperature variability in the Sea of Japan and the Northwest Pacific Ocean in 1982–2007]. In: *Trudy SakhNIRO. Biologiya, sostoyanie zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kurilskom regione i sopredelnykh akvatoriyakh* [Proceedings of SakhNIRO. Biology, state of reserves and habitat of aquatic organisms in the Sakhalin-Kuril region and adjacent waters], 2011, vol. 12, pp. 180–190.
18. Shuntov V. P., Bocharov L. N., Volvenko I. V., et al. [Ecosystem study of biological resources of the Far Eastern sea waters of Russia: some research results at the end of 20th – the beginning of

- the 21st century]. In: *TINRO-85. Results of ten years of activity. 2000–2010 : sb. statei* [Tinro-85. Results of ten-year activities. 2000–2010 : collection of papers]. Vladivostok, 2010, pp. 25–78.
19. Shuntov V. P., Dulepova E. P., Temnykh O. S., Volkov A. F. [The state of biological resources in connection with the dynamics of macroecosystems in the Russian Far East economic zone]. In: Dashko N. A., Tarasov V. G. *Dinamika morskikh ekosistem i sovremennye problemy sokhraneniya biologicheskogo potentsiala morei Rossii* [Dynamics of marine ecosystems and modern problems of preserving the biological potential of the seas of Russia]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2007, pp. 72–176.
20. Carmack E. et al. Toward quantifying the increasing role of oceanic heat in sea ice loss in the new arctic. In: *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2015, no. 96 (12), pp. 2079–2105.
21. Crain C. M., Kroeker K., Halpern B. S. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. In: *Ecology Letters*, 2008, no. 11 (12), pp. 1304–1315.
22. Fadeev V. I. Benthos studies in feeding grounds of the Okhotsk-Korean gray whale population in 2010. Vladivostok, 2011. 115 p.
23. Nerini M. K., Oliver J. S. Gray whales and the structure of the Bering Sea benthos. In: *Oecologia*, 1983, vol. 59, pp. 224–225.
24. Ohshima K. I., Nakanowatari T., Riser S., et al. Freshening and dense shelf water reduction in the Okhotsk Sea linked with sea ice decline. In: *Progress in Oceanography*, 2014, vol. 126, pp. 71–79.
25. Petrenko V. Ye., Chigay S. Ye., Nikitin B. A., et al. Offshore hydrocarbon resources of Okhotsk sea and the results of their development by the Gazprom OJSC. In: *Gazovaya Promyshlennost*, 2014, no. 716, pp. 16–21.
26. Tkalin A. V., Lishavskaya T. S., Belan T. A., et al. Monitoring of potential environmental effects of oil exploration in the Sea of Okhotsk and distribution of artificial radionuclides in the Sea of Japan. In: *Pacific Oceanography*, 2003, vol. 1, no. 1, pp. 42–52.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Беловодова Ольга Сергеевна – аспирант кафедры рационального природопользования Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова;
e-mail: olga.belovodova.msu@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Olga S. Belovodova – postgraduate student, Department of Environmental Management, Lomonosov Moscow State University;
e-mail: olga.belovodova.msu@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Беловодова О. С. Кормовая база охото-корейской популяции серых китов в условиях изменения природной среды и климата // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 22–33.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33

FOR CITATION

Belovodova O. S. Food base of the Okhotsk-Korean gray whale population under conditions of environmental and climate change. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 22–33.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОХРАНА ЛАНДШАФТОВ

УДК 504.455; 504.056

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЛИВОВ ОЗЁРНОГО УЧАСТКА ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ УСТЬЕВЫХ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРЕСЫПЕЙ

Баранова М. С., Объедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С.

*Волгоградский государственный университет, Волжский филиал
404133, Волгоградская область, г. Волжский, ул. 40 лет Победы, д. 11,
Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Оценить экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища в условиях образования абразионно-аккумулятивных пересыпей в устьевых створах.

Процедура и методы. В работе были проанализированы материалы полевых исследований заливов 2019–2020 гг. и архивные данные 2008 г. и 2010–2016 гг. Основные методы, используемые в работе: полевые (отбор проб на гидрохимический и гранулометрический анализ, батиметрическая съёмка, визуальная оценка) и аналитические (гидрохимический анализ проб воды, гранулометрический анализ наносов, картографический метод).

Результаты. Выявлено, что существует взаимосвязь между экологическим состоянием заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища и процессом образования абразионно-аккумулятивных пересыпей в их входных створах. Во всех исследованных заливах наблюдается изменение экологического состояния в сторону его ухудшения. Закрытые заливы (особенно малые) проявляют признаки деградации экосистемы: накопление большого количества биогенных веществ, повышение концентраций главных ионов в воде (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, натрия, калия, иногда кальция), зарастание, занесение и заиление (в т. ч. органогенное), дефицит растворённого кислорода в придонном горизонте (на глубине 2–10 м). Другими признаками деградации служат: отсутствие активности гидробионтов, прогрев водной массы до дна, появление гнилостного запаха в заливе, массовое распространение фитопланктона, увеличение площади мелководной зоны залива. Обнаружена связь между экологическим состоянием водоёма и такими параметрами, как объём и глубина залива.

© СС ВУ Баранова М. С., Объедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., 2021.

Теоретическая и/или практическая значимость. Обобщён новый материал по исследуемой теме. Результаты исследования вносят вклад в практическое изучение процессов, происходящих в природном аквально-комплексе Волгоградского водохранилища, а именно в изучение процесса образования и развития абразионно-аккумулятивных пересыпей во входных створах заливов.

Ключевые слова: Волгоградское водохранилище, заливы, экологическое состояние водоёмов, абразионно-аккумулятивные пересыпи, качество воды, зарастание, заиливание

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-45-343002 р_мол_а «Закономерности формирования абразионно-аккумулятивных пересыпей во входных створах заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища».

ECOLOGICAL STATE OF THE BAYS OF THE LAKE AREA IN THE VOLGOGRAD RESERVOIR UNDER CONDITIONS OF THE FORMATION OF MOUTH ABRASION-ACCUMULATIVE JUMPERS

M. Baranova, O. Obedkova, A. Kochetkova, E. Bryzgalina

Volzhskiy Branch, Volgograd State University

ul. 40 Let Pobedy 11, Volzhskiy 404133, Volgograd region, Russian Federation

Abstract

Aim. The purpose is to study the general ecological state of the lake area bays of the Volgograd reservoir and the formation of abrasion-accumulative jumpers in its entrance gates.

Methodology. Materials of the field research of the bays from 2019–2020 and archival data from 2008 and 2010–2016 are analyzed. The main methods of the research are field (sampling for hydrochemical and granulometric analysis, bathymetric survey, and visual assessment) and analytical ones (hydrochemical analysis of water samples, granulometric analysis of sediments, and cartographic method).

Results. We have revealed that there is a relationship between the ecological state of the bays of the lake area of the Volgograd reservoir and the process of the formation of abrasion-accumulative jumpers in its entrance gates. Deterioration of the ecological state is observed in all the bays in question. Closed bays (especially small) demonstrate signs of ecosystem degradation: accumulation of large amounts of nutrients, increase in the concentration of the main ions in water (hydrocarbonates, chlorides, sulfates, sodium, potassium, and sometimes calcium), overgrowth, deposition, siltation (including organogenic), and dissolved oxygen deficiency in the bottom horizon (at a depth 2–10 m). Other signs of degradation are lack of signs of aquatic organisms activity, warming up of the water mass to the bottom, the appearance of a putrefactive odor in the bay, mass distribution of phytoplankton, and increase in the area of the shallow zone of the bay. The relationship is found between ecological state of the reservoir and volume and depth of the bay.

Research implications. The research results contribute to the practical understanding of the processes occurring in the natural aquatic complex of the Volgograd reservoir, namely the process of the formation and development of abrasion-accumulative jumpers in the bay's entrance gates.

Keywords: Volgograd reservoir, bays, ecological state, abrasion-accumulative jumpers, water quality, overgrowth, siltation

Acknowledgements. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research and Administration of the Volgograd region according to the research project no. 19-45-343002 r_mol_a “Patterns of the formation of abrasion-accumulative jumpers in the bays’ entrance gates of the lake area of the Volgograd reservoir”.

Введение

Процесс разрушения берегов морей и крупных равнинных водохранилищ вместе с производными процессами вдольберегового транспорта и седиментации продуктов разрушения становится на сегодняшний день одним из наиболее актуальных [1; 3; 11; 15; 13; 14; 16]. Разрушение берегов приводит к ряду негативных последствий как для экосистемы водоёма, так и для хозяйственной деятельности человека. К ним можно отнести: ухудшение качества воды и донных отложений, отчленение заливов, заиливание и занесение ложа водохранилища, угрозу эвтрофикации водоёма, сокращение биоразнообразия, изъятие прибрежной полосы акватории водохранилища из зоны экономической деятельности, деградацию прибрежных ландшафтов [11, с. 135].

Перекрытие устьевых створов заливов абразионно-аккумулятивными пересыпями (ААП) активно развивается и на Волгоградском водохранилище. Ещё при наполнении чаши водохранилища до НПУ (1961), когда переработка берегов развивалась наиболее ускоренно, началось отчленение от основной акватории небольших заливов-балок [3, с. 82]. В настоящее время процесс отделения заливов активно продолжается, наиболее динамично – на озёрном участке водоёма (Волжская ГЭС – пос. Ровное).

Научный интерес к исследованию проблемы перекрытия устьевых створов заливов ААП вызван тем, что в результате данного процесса единая экосистема водохранилища оказывается разобщенной; в заливах создаются условия лимнической экосистемы с признаками её деградации.

Заливы утрачивают возможность водообмена с основной акваторией водоёма, в них ухудшаются качественные показатели воды [11, с. 139]. Гелофиты в устьевой части залива образуют непреодолимый барьер на пути миграций рыб, в т. ч. и нерестовых. Заливы быстро зарастают и заболачиваются, что негативно сказывается на воспроизводстве ихтиофауны [12, с. 26]. Экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища на сегодняшний день мало изучено, за исключением нескольких работ [5; 11; 12 и др.].

Поэтому целью настоящего исследования стала оценка экологического состояния заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища на фоне процесса образования ААП в устьевых створах заливов.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. проанализировать изменение экологического состояния заливов на фоне их отчленения от основной акватории водоёма;
2. изучить морфометрические характеристики заливов;

3. оценить экологическое состояние залива по показателям: качество воды, содержание растворённого в воде кислорода, температурный показатель, видовой состав высшей водной растительности и зарастание акватории залива, наличие и активность гидробионтов, занесение и заиливание, признаки деградации экосистемы.

Материалом настоящей работы послужили данные полевых экспедиционных исследований 29 репрезентативных заливов право- и левобережья озёрного участка Волгоградского водохранилища за 2019–2020 гг. Эти материалы были дополнены архивными данными проекта «Волжский плавучий университет» Волжского филиала ВолГУ за 2008 г. и 2010–2016 гг. (рис. 1).

В работе применены полевые и аналитические методы исследования.

В качестве полевых методов исследования использовались:

1. визуальное описание видового состава высшей водной растительности (ВВР, макрофитов) в мелководной части залива (по методикам, изложенным в работах Лисицыной Л. И., Папченкова В. Г. и Артеменко В. И. [7; 9]);

2. отбор проб воды на гидрохимический анализ (по показателям: кальций, магний, натрий и калий, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, показатель pH и общее солесодержание);

3. отбор проб наносов на гранулометрический анализ (для выявления крупности фракций, участвующих в строительстве устьевых абразионно-аккумулятивных образований);

4. визуальная оценка наличия и активности гидробионтов (для оценки экологического состояния залива);

5. батиметрическая съёмка акватории залива с помощью эхолотного комплекса.

Также применялись аналитические методы: картографический с применением ГИС-технологий; гидрохимический анализ проб воды; гранулометрический анализ проб наносов.

Обследование заливов проводилось в летний период (период максимального прогрева водохранилища). Отбор проб воды на гидрохимический анализ осуществлялся из поверхностного слоя воды (0,2–0,3 м) внутри акваторий заливов (в центральной части и в верховье) и на акватории Волгоградского водохранилища около устья залива. Анализ содержания таких главных ионов, как кальций, магний, натрий и калий, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, а также показателя pH и общего солесодержания, проводился по стандартным методикам¹. Содержание растворённого в воде кислорода и температура воды определялись с помощью анализатора кислорода МАРК-303М. Батиметрическая съёмка акваторий заливов производилась с лодки с помощью эхолотного комплекса Lowrance.

Понятие об абразионно-аккумулятивных пересыпях в устьевых створах заливов

Под термином «абразионно-аккумулятивная пересыпь» в своём исследова-

¹ Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения: 15.04.2020).

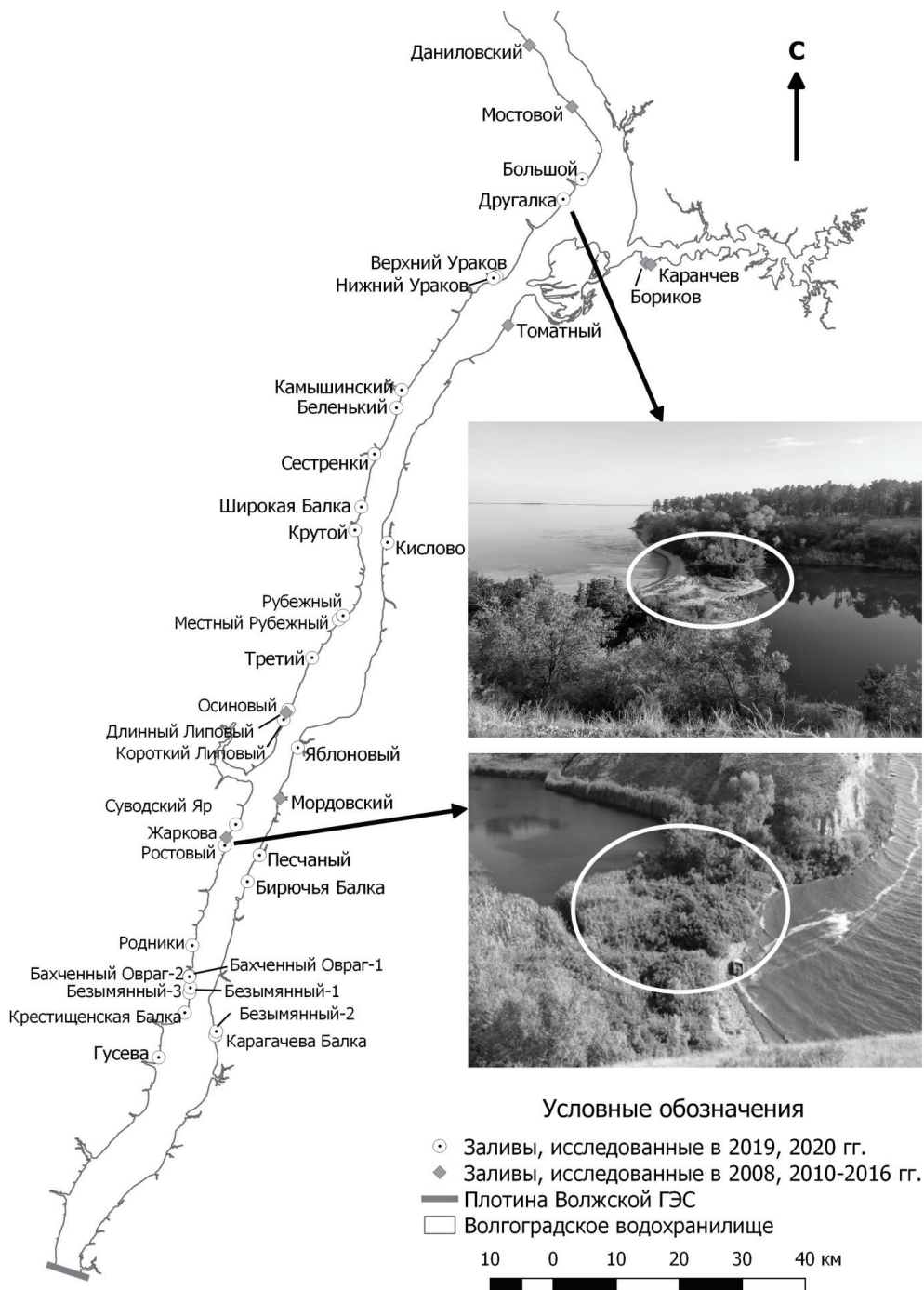


Рис 1 / Fig. 1. Ключевые участки исследования на Волгоградском водохранилище с типовыми ААП заливов Другалка и Ростовый / Key research areas in the Volgograd reservoir with typical AAJ of Drugalka and Rostovyi bays

Источник: данные и фото авторов

нии мы будем понимать замыкающую аккумулятивную форму рельефа во входном створе залива, образованную вследствие седиментации продуктов размыва (абразии) берегов. «Коса» – это свободная аккумулятивная форма рельефа, образующаяся во входном створе на одном или сразу на обоих берегах залива, вследствие седиментации продуктов размыва (абразии) берегов.

Схема образования типовой абразионно-аккумулятивной пересыпи представлена на *рис. 2*. В устьях заливов происходит седиментация наносов, принесённых вдольбереговым транспортом. Сначала возникает ак-

кумулятивный выступ у одного или обоих берегов залива, затем по мере нарастания он превращается в свободную аккумулятивную форму (косу). Формирующиеся косы в процессе роста соединяются, образуется замыкающая аккумулятивная форма – пересыпь [3, с. 93; 6, с. 113].

Была проведена классификация заливов Волгоградского водохранилища по стадиям отделения от основной акватории водоёма по спутниковым снимкам Google Планета Земля¹. Разработана авторская методика, согласно которой выделено 6 стадий отделения:

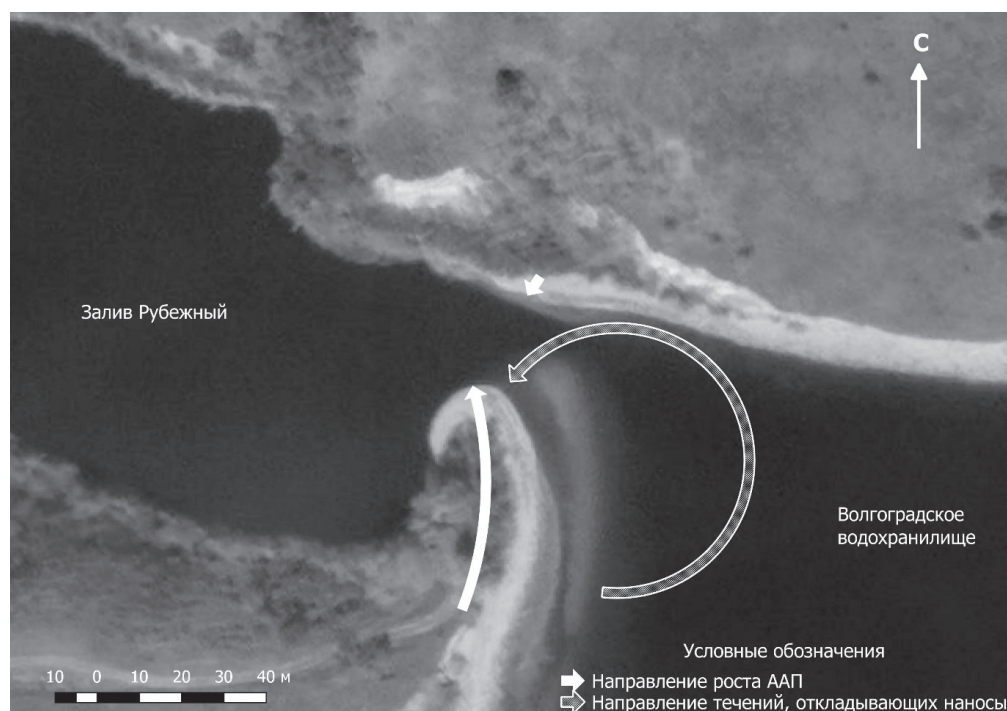


Рис. 2 / Fig. 2. Схема образования типовой пересыпи в устьевом створе залива Рубежный / Scheme of the formation of a typical AAJ in the entrance gate of the Rubezhnyi bay

Источник: составлено авторами по [3; 6]

¹ Google Earth [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 17.07.2021).

1. *Заливы открытые* – заливы, во входных створах которых признаки формирования пересыпи практически отсутствуют;

2. *Заливы в начальной стадии отделения* – заливы, во входных створах которых ААП начали формироваться, но процесс их развития приостановился;

3. *Заливы в активной стадии отделения* – заливы, во входных створах которых пересыпь формируется не только в мелководной, но и в глубоководной части устьевого створа (за пределами береговой отмели);

4. *Заливы в завершающей стадии отделения* – заливы, во входных створах которых ААП практически сформированы; береговая отмель распространена в пределах всего входного створа залива;

5. *Заливы закрытые* – заливы с полностью сформированной ААП во входном створе (отчленившиеся от основной акватории водоёма);

6. *Заливы, входные створы которых подвергались антропогенному воздействию* – в их устьевых створах проводились расчистка, дноуглубление или берегоукрепление.

На сегодняшний день к закрытым или заливам на завершающей стадии отделения относится более половины (63,6% от общего количества) заливов водоёма [10, с. 195].

Морфометрические характеристики заливов

По первоначальному объёму (объёму залива в 1958 г. при создании водохранилища) заливы были классифицированы на [10]:

- малые (объёмом менее 300 тыс. м³);
- средние (300–10 00 тыс. м³);

- большие (1 000–10 000 тыс. м³);
- очень большие (более 10 000 тыс. м³).

Наиболее активно отделяются от основной акватории водоёма малые заливы, в меньшей степени – средние. Во время экспедиций были исследованы наиболее репрезентативные малые, средние и большие заливы (таб. 1).

Расчёт объёма залива был произведён в программе ArcGIS 9.3. с помощью инструмента «Насыпи/Выемки». Предварительно в той же программе были построены батиметрические карты с помощью интерполяции методом «обратно взвешенных расстояний».

Было выявлено, что малые заливы в настоящее время сохраняют достаточный объём, особенно ещё не отделившиеся от основной акватории водоёма (Местный Рубежный, Осиновый, Рубежный и др.). Средняя глубина закрытых заливов не превышает 2 м, за исключением Крестищенской Балки (2,9 м).

Анализ экологического состояния изученных заливов

Анализ экологического состояния исследованных заливов Волгоградского водохранилища был проведён по нескольким показателям:

1) *Качество воды залива и основной акватории Волгоградского водохранилища.*

По ионному составу вода Волгоградского водохранилища относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе; водоём характеризуется низкой минерализацией и однородностью химического состава воды по глубине и по длине водохранилища [2, с. 56]. В результате исследования выявлено, что сумма ионов

Таблица 1 / Table 1

Современный объём и стадии отделения некоторых заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища /
Modern volume and separation stages of some bays of the lake area of the Volgograd reservoir

Название залива	Стадия отделения	Современный объём, тыс. м ³	Название залива	Стадия отделения	Современный объём, тыс. м ³
Малые заливы					
Бахченый Овраг-1	Закрытый	18,3	Безымянный-3	Активная	4,3
Бахченый Овраг-2	Закрытый	2,7	Местный Рубежный	Начальная	73,5
Безымянный-1	Закрытый	0,2	Осиновый	Открытый	49,1
Суводский Яр	Закрытый	8,0	Крестищенская Балка	Средние заливы	152,5
Другалка	Закрытый	26,7			
Третий	Закрытый	18,7			
Ростовый	Закрытый	15,5			
Короткий Липовый	Закрытый	2,0			
Длинный Липовый	Закрытый	14,7	Верхний Ураков	Начальная	576,1
Жаркова	Закрытый	2,1	Даниловский	Начальная	277,5
Мостовой	Закрытый	2,4	Каранчев	Завершающая	150,1
Большие заливы					
Безымянный-2	Закрытый	0,4	Нижний Ураков	Начальная	703,0
Томатный	Закрытый	3,2	Сестренки	Начальная	2381,7
Бориков	Закрытый	78,2	Родники	Начальная	787,2
Рубежный	Активная	55,8	Песчаный	Завершающая	453,8
Беленький	Активная	8,5	Карагачева Балка	Завершающая	168,8
Крутой	Активная	40,8	Кислово	Активная	437,1 ¹
Гусева	Активная	20,6	Яблоновский	Начальная	869,9

Источник: данные авторов

¹ Прим.: Объём залива только во входном створе.

на основной акватории водохранилища вблизи устьевых створов заливов составила от 203,1 до 365,1 мг/дм³.

Суммы основных ионов в изученных заливах (2019–2020 гг.) приведены в таб. 2.

Таблица 2 / Table 2

Сумма основных ионов в некоторых заливах Волгоградского водохранилища, 2019–2020 гг. / The amount of main ions in some bays of the Volgograd reservoir, 2019–2020

№ п/п	Название залива	Сумма ионов, мг/дм ³	№ п/п	Название залива	Сумма ионов, мг/дм ³
Правобережные заливы			14	Ростовый	1018,1
1	Крестищенская Балка	382,8	15	Короткий Липовый	873,8
2	Безымянный-1	205,9	16	Крутой	223,6
3	Бахченый Овраг-1	406,3	17	Местный Рубежный	222,5
4	Бахченый Овраг-2	743,6	18	Осиновый	229,5
5	Суводский Яр	431,3	19	Гусева	246,8
6	Рубежный	375,6	20	Родники	250,8
7	Другалка	358,4	Левобережные заливы		
8	Большой	280,2	21	Карагачева Балка	390,7
9	Третий	247,6	22	Безымянный-2	815,8
10	Безымянный-3	205,6	23	Бирючья Балка	605,3
11	Широкий	219,3	24	Песчаный	381,7
12	Сестренки	232,2	25	Яблонный	238,3
13	Беленький	202,3	26	Кислово	264,8

Источник: данные авторов

В закрытых заливах наибольший вклад в повышение минерализации воды вносят катионы $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, иногда кальция (залив Борики). В анионном составе повышены концентрации гидрокарбонатов, хлоридов и иногда сульфатов (заливы Томатный, Борики) [8, с. 82]. Это объясняется геохимическими особенностями Заволжья, наличием соляно-купольных структур и минерализованных хлоридно-сульфатных подземных вод [4, с. 138].

В закрытых левобережных заливах (Бирючья Балка, Томатный, Борики) и некоторых правобережных (Ростовый, Короткий Липовый) пробы воды оказались примерно в 2–3 раза более ми-

нерализованы по сравнению с водой Волгоградского водохранилища.

Водные массы как право-, так и левобережных заливов, имеющих связь с акваторией Волгоградского водохранилища, по соотношению ионов практически идентичны воде самого водохранилища, но несколько более минерализованы (таб. 2). В 2019–2020 гг. были отмечены случаи превышения ПДК (нормативы для водных объектов рыбохозяйственного значения) в заливах водоёма по содержанию сульфатов (закрытые заливы Крестищенская Балка, Ростовый, Короткий Липовый и др.) и железа общего (заливы Бахченый Овраг-1, Третий, Яблонный и др.).

Повышенные значения концентрации железа общего в воде не только закрытых, но и сообщающихся с Волгоградским водохранилищем заливов во многих случаях можно объяснить привнесением этих ионов грунтовыми водами, в некоторых случаях (залив Сестренки) – антропогенным загрязнением от расположенных поблизости населённых пунктов.

По водородному показателю выявлены превышения нормативов качества воды (щелочная реакция) в некоторых как закрытых (Другалка, Крестищенская Балка и др.), так и не отделённых заливах (Рубежный, Широкий, Безымянный-3 и др.). Повышенные значения рН объясняются тем, что правый берег Волгоградского водохранилища сложен, в т. ч. и карбонатными горными породами, из них в воду переходят карбонат-ионы, обуславливающие щелочную реакцию воды.

Следует отметить, что для большинства исследуемых заливов повышенная минерализация воды и превышения ПДК наблюдаются именно в верховьях, где влияние грунтовых вод, пород, слагающих берега, а также процессов зарастания и осадконакопления выше, чем в центральной части залива.

2) Содержание растворённого в воде кислорода, температурный показатель.

Содержание растворённого в воде кислорода было определено в некоторых заливах водоёма в летний период 2019 г. (таб. 3). Концентрация растворённого O_2 в поверхностном слое воды исследованных заливов сопоставима с концентрацией в воде основной акватории Волгоградского водохранилища около устья залива.

На горизонте воды глубиной в 1 м концентрация растворённого кислорода в воде залива, как правило, существенно ниже, чем в воде водохранилища на том же горизонте. Это связано с хорошим перемешиванием в воде на основной акватории Волгоградского водохранилища. Исключение составил только залив Бахченый Овраг-1. В заливе Карагачева Балка концентрация растворённого в воде кислорода (в горизонте воды глубиной 1 м) сопоставима с его концентрацией в воде Волгоградского водохранилища [8, с. 85].

Дефицит растворённого O_2 отмечается в придонном горизонте изученных правобережных заливов, что связано с процессами разложения растительных остатков на дне. На горизонте в половину глубины залива не было отмечено дефицита растворённого кислорода.

Другим не менее важным показателем для жизни гидробионтов является температура. Температура на поверхности воды в заливах, как правило, практически не отличается от температуры на поверхности открытой акватории Волгоградского водохранилища (таб. 3).

Большинство исследованных заливов характеризуются прямой температурной стратификацией (таб. 3). Хорошо выраженный слой гипolimниона (с резким температурным скачком на глубине) наблюдался в заливах Рубежный, Бирючья Балка, Крестищенская Балка, что связано со значительной глубиной этих заливов (максимальная глубина составляет 3,6 м, 7,2 м, и 12,4 м соответственно). На остальных изученных заливах отмечен сильный прогрев водной массы

Таблица 3 / Table 3

Содержание растворённого кислорода в воде исследованных заливов и в воде Волгоградского водохранилища, 2019 г. /
The concentration of dissolved oxygen in the water of the researched bays and in the water of the Volgograd reservoir, 2019

№ п/п	Место наблюдения	Глубина в точке на- блюдения, м	Горизонт на глубине 1 м		Промежуточный горизонт			Придонный горизонт		
			Концен- трация O ₂ , мг/дм ³	Темпера- тура, °С	Глубина	Концен- трация O ₂ , мг/дм3	Темпера- тура, °С	Глубина	Концен- трация O ₂ , мг/дм ³	Темпера- тура, °С
Правобережные заливы										
1	Залив Бахченый Овраг-1	3,6	12,64	24,5	2,0	10,54	24,6	3,0	1,54	23,4
2	Залив Бахченый Овраг-2	2,3	6,92	25,4	1,5	5,44	24,7	2,0	1,92	23,9
	Волгоградское водохранилище около устья заливов	3,0	8,58	25,8	-	-	-	3,0	8,91	24,2
3	Залив Рубежный	5,3	8,47	25,0	2,0	8,65	24,6	5,0	0,76	21,7
	Волгоградское водохранилище около устья залива	5,1	8,79	25,4	-	-	-	5,0	8,34	24,3
4	Залив Крестицнская Балка	12,8	8,65	22,6	5,0	7,62	17,2	10,0	0,49	11,5
	Волгоградское водохранилище около устья залива	1,1	9,03	24,8	-	-	-	-	-	-
Левобережные заливы										
5	Залив Карагачева Балка	3,5	8,45	22,7	-	-	-	3,0	7,25	21,9
	Волгоградское водохранилище около устья залива	3,3	8,32	25,4	-	-	-	2,0	8,54	24,4
6	Залив Бирючья балка	3,6	6,82	27,7	1,5	5,73	25,9	2,0	3,61	24,8
	Волгоградское водохранилище около устья залива	2,4	8,28	25,7	-	-	-	3,0	9,58	23,3
7	Залив Песчаный	3,8	6,66	24,8	2,0	4,45	23,6	3,0	3,95	23,3
	Волгоградское водохранилище около устья залива	2,4	8,48	25,5	-	-	-	2,0	8,74	24,6

Источник: данные авторов

до дна, что может негативно сказаться на состоянии биоты.

3) Видовой состав высшей водной растительности и зарастание акватории залива.

На сегодняшний день растительность Волгоградского водохранилища в пределах озёрного участка характеризуется 64 ассоциациями, которые входят в 37 формаций [5, с. 141].

Согласно классификации В. Г. Папченко (2001) макрофиты в пределах Волгоградского водохранилища представлены 5 экологическими группами (экотипами): гидрофиты (I), гелофиты (II), гигрогелофиты (III), гигрофиты (IV), гигромезофиты и мезофиты (V) [9, с. 31]. Для степных и полупустынных зон в эту классификацию добавили ещё 1 группу мезоксерофитов и ксерофитов (VI), которая иногда встречается на обсыхающих мелководьях.

В результате проведённых исследований подтвердилось активное зарастание акваторий всех изученных заливов макрофитами, начиная с верховья, и сильное зарастание закрытых заливов [5, с. 189; 11, с. 138].

Акватории малых заливов активно зарастают погружёнными гидрофитами (роголистником погружённым (*Ceratophyllum demersum* L.) с отдельными группами рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдеста блестящего (*Potamogeton lucens* L.), урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) и гидрофитами со свободно плавающими на воде листьями (ряска трёхдольная (*Lemna trisulca* L.), многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.),

сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.)). В закрытых заливах с большой площадью мелководной зоны и небольшой средней глубиной создаются условия лимнической экосистемы с отсутствием проточности, что в свою очередь неблагоприятно сказывается на биоразнообразии макрофитов и положительно – на их вегетации. Среди гелофитов доминируют формации тростника высочайшего (*Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile), тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рога узколистного (*Typha angustifolia* L.); иногда около входного створа залива встречаются осока береговая (*Carex riparia* Curt.) и ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L. (S. ramosum Huds.)). Гелофиты, как правило, образуют сплошное зарастание своего биотопа по периметру мелководной зоны залива.

Сильное зарастание входного створа высшей водной растительностью, в т. ч. и воздушно-водной, происходит в заливах в активной и завершающей стадиях отделения (Песчаный, Крутой, Широкий и др.).

Флористическое разнообразие закрытых заливов озёрного участка водохранилища характеризуется как достаточно бедное и насчитывает 50 видов растений из 42 родов, 28 семейств и 3 отделов (таб. 4). Самая многочисленная группа растений закрытых заливов относится к гигромезофитам и мезофитам. Виды ВВР были определены по работе «Флора водоёмов Волжского бассейна. Определитель сосудистых растений» [7]. Отделы, классы и семейства в таб. 4 расположены в порядке системы А. Энглера; виды указаны в алфавитном порядке.

Таблица 4 / Table 4

Список флоры макрофитов закрытых заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища / List of macrophyte flora of closed bays of the lake area of the Volgograd reservoir

Таксоны	Экотипы	Magnoliopsida	
Polypodiophyta		<i>Salicaceae</i>	
Salviniopsida		<i>Populus canadensis</i> Moench. (<i>P. nigra</i> L. Ч <i>P. deltoides</i> Marsh.)	V
<i>Salviniaceae</i>		<i>Populus nigra</i> L.	V
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	I	<i>Salix alba</i> L.	V
Magnoliophyta		<i>Salix</i> Ч <i>alopecuroides</i> Tausch (<i>S. fragilis</i> L. Ч <i>S. triandra</i> L.)	IV
Liliopsida		<i>Fagaceae</i>	
<i>Typhaceae</i>		<i>Quercus robur</i> L.	V
<i>Typha angustifolia</i> L.	II	<i>Ulmaceae</i>	
<i>Typha austro-orientalis</i> Mavrodiev	II	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	V
<i>Sparganiaceae</i>		<i>Polygonaceae</i>	
<i>Sparganium erectum</i> L.	II	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S.F. Gray	I
<i>Potamogetonaceae</i>		<i>Rumex stenophyllus</i> Ledeb.	V
<i>Potamogeton lucens</i> L.	I	<i>Nymphaeaceae</i>	
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	I	<i>Nyphar lutea</i> (L.) Smith	I
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	I	<i>Ceratophyllaceae</i>	
<i>Najadaceae</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	I
<i>Caulinia minor</i> (All.) Coss. et Germ.	I	<i>Grossulariaceae</i>	
<i>Najas major</i> All.	I	<i>Ribes aureum</i> Pursh	V
<i>Alismataceae</i>		<i>Rosaceae</i>	
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	II	<i>Potentilla reptans</i> L.	V
<i>Butomaceae</i>		<i>Leguminosae</i>	
<i>Butomus umbellatus</i> L.	II	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	VI
<i>Hydrocharitaceae</i>		<i>Aceraceae</i>	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	I	<i>Acer negundo</i> L.	V
<i>Gramineae</i>		<i>Acer tataricum</i> L.	V
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	V	<i>Elaeagnaceae</i>	
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	III	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	VI
<i>Leersia oruzoides</i> (L.) Swartz	IV	<i>Lythraceae</i>	
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	IV	<i>Lythrum salicaria</i> L.	III
<i>Phragmites altissimus</i> (Benth.) Nabile	IV	<i>Oleaceae</i>	
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	II	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	V
<i>Poa palustris</i> L.	IV	<i>Fraxinus americana</i> L.	V
<i>Cyperaceae</i>		<i>Labiatae</i>	
<i>Carex riparia</i> Curt.	III	<i>Glechoma hederacea</i> L.	V
<i>Scirpus triquetus</i> L.	II	<i>Lycopus europaeus</i> L.	IV
<i>Lemnaceae</i>		<i>Lycopus exaltatus</i> L. Fil.	IV
<i>Lemna trisulca</i> L.	I	<i>Asteraceae</i>	
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	I	<i>Bidens radiata</i> Thuill.	IV
<i>Juncaceae</i>		<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser	V
<i>Juncus compressus</i> Jacq.	IV	<i>Xanthium albium</i> (Willd.) H. Scholz	V
<i>Iridaceae</i>			
<i>Iris pseudacorus</i> L.	III		

Источник: данные авторов

4) *Наличие и активность гидробионтов в заливах.*

Специальное исследование видового состава гидробионтов в заливах Волгоградского водохранилища во время экспедиций не проводилось. Однако были отмечены: активность ихтиофауны в некоторых заливах (Песчаный, Рубежный, Яблоновый и др.), в т. ч. и в некоторых закрытых (Большой, Другалка, Бахченый Овраг-1, Бирючья Балка); следы недавнего присутствия рыбаков в заливах Большой, Другалка, Рубежный, Местный Рубежный. В большинстве заливов на момент обследования присутствовал малёк (сеголетки, однолетки) (заливы Карагачева Балка, Крестищенская Балка, Песчаный, Бирючья Балка и др.). В заливе Бирючья Балка были встречены водомерка, личинки стрекозы, ручейник; в заливе Карагачева Балка – уж, стрекозы; над заливом Крестищенская Балка – береговые крачки. Это говорит о том, что заливы обитаемы в летний период, в т. ч. и некоторые закрытые. Наличие большого количества малька в закрытых заливах говорит о том, что либо рыба, обитающая в заливе, нерестится здесь же, либо рыба заходит сюда на нерест во время весеннего половодья, когда возникает «переток» воды через пересыпь.

В таких заливах, как Бахченый Овраг-2, Безымянный-2, Ростовый гидробионтов и следов их присутствия не обнаружено. В заливе Третий летом 2020 г. наблюдались заморные явления с гибелью ихтиофауны.

5) *Занесение и заиливание залива; разница уровней воды «залив–водохранилище».*

С 1958 г. (при создании Волгоградского водохранилища) по настоящее

время произошло сильное занесение и заиливание заливов, особенно малых, что подтверждается нашими исследованиями 2008–2020 гг. Заиливание и занесение сказалось на уменьшении глубины, площади распространения мелководной зоны и экологическом состоянии залива. Рыхлый материал, идущий на занесение и заиливание их акваторий, поступает в заливы с вдольбереговым транспортом наносов с берегов водохранилища, а также в результате плоскостной эрозии склонов [3, с. 91].

Были проанализированы пробы донных наносов, отобранные во входном створе залива Рубежный. В гранулометрическом составе наносов присутствуют фракции с размером частиц менее 0,05 мм (предположительно, мелкие пылеватые и иловатые частицы). Содержание таких фракций в пробах доходит до 18,9%. Фракции размером менее 0,05 мм обнаружены в незначительных количествах (0,1–6,3%) в пробах на урезах и других заливов: Безымянный-2, Бирючья Балка, Крестищенская Балка и др. Содержание большого количества фракций наносов размером 1–0,05 мм (крупный песок – крупные пылеватые частицы) в пробах на урезах заливов говорит о процессе занесения последних.

В закрытых заливах и в верховьях ещё не отделённых происходит и так называемое «органогенное заиливание». На дне в большом количестве присутствуют остатки отмирающих растений слоем до 20–30 см – в основном, гелофитов.

Уровень воды отделившихся заливов в большинстве случаев выше уровня воды Волгоградского водохранилища (до 60 см в заливе Крестищенская Балка), благодаря выходу подземных вод.

б) *Признаки изменения и деградации в экосистеме залива.*

На дне большинства закрытых заливов Волгоградского водохранилища присутствуют в большом количестве остатки отмирающих растений. Это связано с большой площадью мелководной зоны и с небольшой средней глубиной заливов (порядка 1–1,2 м). Так как заливы не проточные, то детрит не выносится водным потоком в основную акваторию водохранилища.

В закрытых заливах чувствовался сильный запах сероводорода или сильный гнилостный запах при вскрытии грунтов и отборе проб на урезе залива на гранулометрический анализ (Бахченый Овраг-1, Безымянный-1, Длинный Липовый и др.), что является признаком происходящих в заливе процессов активного разложения растительных остатков в условиях дефицита кислорода.

В малых закрытых заливах наблюдалось массовое распространение фитопланктона с преобладанием сине-зеленых водорослей на большей части акватории залива (заливы Третий,

Крестищенская Балка, Безымянный-1, Ростовый и др.); в средних закрытых заливах и в не отделённых – только в верховье. Массовое распространение цианобактерий происходит из-за большого количества органического вещества (в основном растительных остатков), скапливающегося в заливе.

Явных признаков антропогенного загрязнения акватории всех обследованных заливов не обнаружено. Косвенным признаком воздействия может служить повышенное содержание отдельных ионов в некоторых заливах (железа общего в заливе Сестренки).

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация сложилась в малых закрытых заливах: Ростовый, Третий (рис. 3), Безымянный-2 (рис. 4), Короткий Липовый, Бахченый Овраг-2.

Дадим краткую характеристику заливов.

Залив Ростовый отличается наибольшим содержанием суммы ионов (таб. 2) среди всех изученных заливов. В составе катионов преобладают натрий и калий, суммарное содержание



Рис. 3 / Fig. 3. Верховье малого залива Третий, 28.07.2020 г. / Upper reaches of small bay Tretii, 28.07.2020.

Источник: фото авторов



Рис. 4 / Fig. 4. Малый залив Безымянный-2, 17.08.2019 г. / Little bay Bezimyanniy-2, 17.08.2019.

Источник: фото авторов

которых превышает ПДК (182,58 мг/дм³). Превышение ПДК выявлено и по содержанию сульфатов. Наблюдалось сильное цветение воды и большое количество гидрофитов на акватории залива. Гидробионтов не отмечено; выявлено большое количество растительного опада в заливе.

Залив Третий. На всей акватории залива наблюдалось сильное цветение воды с большим количеством уже отмерших сине-зеленых водорослей (рис. 3). Отмирание цианобактерий сопровождалось сильным запахом сероводорода. Обильное цветение воды, по-видимому, было вызвано эвтрофикацией и сильным перегревом водной массы. В заливе наблюдались заморные явления (и большое количество мёртвой рыбы). Живых гидробионтов в заливе не выявлено. Отмечены превышения нормативов качества воды по показателю pH и по содержанию железа общего.

Залив Безымянный-2 является практически самым маловодным из всех исследованных; максимальная глубина залива не превышает 0,5 м. При обследовании чувствовался резкий запах сероводорода, особенно сильно – в верховье. Практически полностью акватория залива заросла ВВР, в основном гидрофитами (рис. 4). Залив отличается максимальной минерализацией среди левобережных заливов (таб. 3) с повышенным содержанием хлоридов и ионов натрия. Гидробионтов в самом заливе не выявлено.

В некоторых средних закрытых заливах (Большой, Крестищенская Балка, Бирючья Балка) и некоторых малых (Бахченый Овраг-1, Длинный Липовый, Другалка) произошли незначительные изменения в экосистеме.

Это связано со значительной средней глубиной (около 1,3 м) и объёмом залива. Как, например, в малом закрытом заливе Другалка. Гидробионты в заливе активны. Он характеризуется большим видовым разнообразием макрофитов (14 видов). Ухудшение экологического состояния проявляется здесь только в несколько повышенной минерализации (358,34 мг/дм³) и сильном зарастании акватории ВВР. Незначительные изменения экологического состояния объясняются тем, что залив был закрыт относительно недавно (2018 г.) и пока сохраняет достаточный объём и глубину (таб. 1).

Заключение

В результате выполненного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Существует взаимосвязь между экологическим состоянием залива и процессом образования абразионно-аккумулятивной пересыпи в его устьевом створе. Изменение экологического состояния в сторону ухудшения отмечено в заливах на всех стадиях отделения, в первую очередь – в малых закрытых заливах;

2. Произошло значительное уменьшение объёмов заливов Волгоградского водохранилища с 1958 г. по настоящее время (в среднем в 10 раз), что, с одной стороны, связано со значительной генерализацией данных на картах 1958 г., с другой – с заилением и занесением самих заливов. В результате исследования обнаружена связь между экологическим состоянием водоёма и такими параметрами, как объём и глубина залива;

3. Проведена оценка экологического состояния залива по ряду показателей.

В большинстве закрытых заливов наблюдается повышение концентраций главных ионов в воде. При этом в одних заливах сумма основных ионов в 2–3 раза выше по сравнению с водой Волгоградского водохранилища (Ростовый – 1 018,1 мг/дм³, Короткий Липовый – 873,8 мг/дм³), в других она не значительно отличается от суммы ионов на основной акватории водоёма (например, Другалка – 358,4 мг/дм³, Крестищенская Балка – 382,8 мг/дм³).

Отмечен дефицит растворённого кислорода в придонном горизонте (на глубине 2–10 м) изученных правобережных заливов Крестищенская Балка (0,49 мг/дм³), Рубежный (0,76 мг/дм³) и др. На левобережье на том же горизонте дефицита растворённого O₂ либо не наблюдается (Карагачева Балка – 7,25 мг/дм³), либо значения не намного ниже нормы (Бирючья Балка – 3,61 мг/дм³).

Хорошо выраженный слой гипolimниона наблюдался в заливах Рубежный (температура на поверхности – 25°C, в придонном горизонте –

21,7°C), Бирючья Балка (соответственно 27,7°C и 24,8°C), Крестищенская Балка (22,6°C и 11,5°C). В других заливах отмечен сильный прогрев водной массы до дна.

Акватории заливов, особенно малых, активно зарастают гидрофитами: роголистником, погружённым с отдельными группами рдеста пронзеннолистного, рдеста блестящего, урути колосистой и др. Среди гелофитов доминируют формации тростника высочайшего, тростника южного и рогоза узколистного. Процесс отчленения заливов неблагоприятно сказывается на биоразнообразии макрофитов и положительно – на их вегетации.

Результаты выполненного исследования вносят вклад в практическое изучение процессов, происходящих в природном аквальном комплексе Волгоградского водохранилища, а именно в изучение процесса образования и развития ААП во входных створах заливов.

Статья поступила в редакцию 01.07.2021

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского каскада / Законнов В. В., Законнова А. В., Цветков А. И., Шерышева Н. Г. // Труды Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. 2018. Вып. 81 (84). С. 35–46.
2. Зенин А. А. Гидрохимия Волги и её водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 260 с.
3. Зубенко Ф. С. Берега Волгоградского водохранилища // Материалы к изучению перестроения берегов Волгоградского водохранилища. М., Л.: Наука, 1964. С. 78–124.
4. Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западной части). М.; Л., 1950. 256 с.
5. Кочеткова А. И. Пространственно-временной анализ зарастания Волгоградского водохранилища : дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2013. 226 с.
6. Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. М.: Издательство Московского университета. 1961. 418 с.
7. Лисицына Л. И., Папченков В. Г., Артеменко В. И. Флора водоёмов Волжского бассейна. Определитель сосудистых растений. М., 2009. 219 с.

8. Некоторые гидрохимические особенности заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища / Обьедкова О. А., Кочеткова А. И., Баранова М. С., Брызгалина Е. С. // Проблемы устойчивого развития и эколого-экономической безопасности регионов : сб. трудов. Волгоград: Сфера, 2020. С. 81–87.
9. Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль, 2001. 214 с.
10. Периоды отделения и классификация заливов Волгоградского водохранилища по первоначальному объёму / Баранова М. С., Кочеткова А. И., Леонтьев Д. А., Брызгалина Е. С., Обьедкова О. А. // Региональные геосистемы. 2020. № 44 (2). С. 186–197. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-186-197
11. Филиппов О. В., Золотарёв Д. В., Солодовников Д. А. Экологические проблемы заливов и устьевых притоков Волгоградского водохранилища в условиях абразии и вдольберегового транспорта наносов // Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища : сб. статей. Волгоград, 2009. С. 119–142.
12. Шашуловский В. А., Мосияш С. С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М., 2010. 250 с.
13. Hemmingsena M., Eikaas H., Marsdena D. A GIS approach to sediment displacement in mixed sand and gravel beach environment // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 249. P. 109083.
14. Ouillon S. Why and how do we study sediment transport? Focus on coastal zones and on-going methods // MDPI : [сайт]. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/390/html> (дата обращения: 10.02.2020).
15. Short term displacements of marked pebbles in the swash zone: Focus on particle shape and size / Grottoli E., Bertoni D., Ciavola P., Pozzebon A. // Marine Geology. 2019. Vol. 367. P. 143–158.
16. Study of the evolution of gravel beaches nourished with sand / Pegan J., Lopez M., Lopez I., Tenza-Abril A., Aragonés L. // Science of the Total Environment. 2018. № 626. P. 87–95.

REFERENCES

1. Zakonnov V. V., Zakonnova A. V., Tsvetkov A. I., Sherysheva N. G. [Hydrodynamic processes and their role in the formation of bottom sediments of the reservoirs of the Volga-Kama cascade]. In: *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod im. I. D. Papanina RAN* [Proceedings of the I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences], 2018, vol. 81 (84), pp. 35–46.
2. Zenin A. A. *Gidrokimiya Volgi i ee vodokhranilishch* [Hydrochemistry of the Volga and its reservoirs]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1965. 260 p.
3. Zubenko F. S. [Coasts of the Volgograd reservoir]. In: *Materialy k izucheniyu pereformirovaniya beregov Volgogradskogo vodokhranilishcha* [Materials for the study of the reorganization of the coasts of the Volgograd reservoir]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1964. P. 78–124.
4. Kovda V. A. *Pochvy Prikaspiiskoi nizmennosti (severo-zapadnoi chasti)* [Soils of the Caspian lowland (northwestern part)]. Moscow; Leningrad, 1950. 256 p.
5. Kochetkova A. I. *Prostranstvenno-vremennoi analiz zarastaniya Volgogradskogo vodokhranilishcha : diss. ... kand. biol. nauk* [Spatio-temporal analysis of the overgrowth of the Volgograd reservoir: Cand. Sci. thesis in Biological Sciences]. Borok, 2013. 226 p.
6. Leontev O. K. *Osnovy geomorfologii morskikh beregov* [Fundamentals of geomorphology of the seashore]. Moscow, Moscow University Publishing House Publ., 1961. 418 p.
7. Lisitsyna L. I., Papchenkov V. G., Artemenko V. I. *Flora vodoemov Volzhskogo basseina*.

- Opredelitel sosudistyykh rastenii* [Flora of reservoirs of the Volga basin. Keys to vascular plants], Moscow, 2009. 219 p.
8. Obedkova O. A., Kochetkova A. I., Baranova M. S., Bryzgalina E. S. [Some hydrochemical features of the bays of the lake region of the Volgograd reservoir]. In: *Problemy ustoychivogo razvitiya i ekologo-ekonomicheskoi bezopasnosti regionov : sbornik trudov* [Problems of sustainable development and ecological and economic safety of regions : collection of works]. Volgograd, 2020, pp. 81–87.
 9. Papchenkov V. G. *Rastitelnyi pokrov vodoemov i vodotokov Srednego Povolzhya* [Vegetation cover of reservoirs and watercourses of the Middle Volga region]. Jaroslavl, 2001. 214 p.
 10. Baranova M. S., Kochetkova A. I., Leontev D. A., Bryzgalina E. S., Obedkova O. A. [Periods of separation and classification of the bays of the Volgograd reservoir by the primary volume]. In: *Regionalnye geosistemy* [Regional geosystems], 2020, no. 44 (2), pp. 186–197. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-186-197
 11. Filippov O. V., Zolotarev D. V., Solodovnikov D. A. [Ecological problems of bays and estuarial tributaries of the Volgograd reservoir in conditions of abrasion and alongshore sediment transport]. In: *Problemy kompleksnogo issledovaniya Volgogradskogo vodokhranilishcha : sbornik statei* [Problems of a complex researching of the Volgograd reservoir : collection of articles]. Volgograd, 2009, pp. 119–142.
 12. Shashulovsky V. A., Mosiyash S. S. *Formirovanie biologicheskikh resursov Volgogradskogo vodokhranilishcha v khode suksessii ego ekosistemy* [The formation of biological resources of the Volgograd reservoir during the succession of its ecosystem]. Moscow, 2010. 250 p.
 13. Hemmingsena M., Eikaas H., Marsdena D. A GIS approach to sediment displacement in mixed sand and gravel beach environment. In: *Journal of Environmental Management*, 2019, vol. 249, p. 109083.
 14. Ouillon S. Why and how do we study sediment transport? Focus on coastal zones and ongoing methods. In: *MDPI*. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/390/htm> (accessed: 10.02.2020).
 15. Grottoli E., Bertoni D., Ciavola P., Pozzebon A. Short term displacements of marked pebbles in the swash zone: Focus on particle shape and size. In: *Marine Geology*, 2019, vol. 367, pp. 143–158.
 16. Pegan J., Lopez M., Lopez I., Tenza-Abril A., Aragones L. Study of the evolution of gravel beaches nourished with sand. In: *Science of the Total Environment*, 2018, no. 626, pp. 87–95.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Баранова Мария Сергеевна – ассистент кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Объедкова Ольга Александровна – старший преподаватель кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: obedkova.olga@yandex.ru

Кочеткова Анна Игоревна – кандидат биологических наук, доцент кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: aikochetkova@mail.ru

Брызгалина Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;

e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria S. Baranova – Assistant Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Olga A. Obedkova – Senior Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: obedkova.olga@yandex.ru

Anna I. Kochetkova – Cand. Sci. (Biological), Assoc. Prof., Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: aikochetkova@mail.ru

Elena S. Bryzgalina – Senior Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Баранова М. С., Обедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С. Экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища в условиях образования устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 34–53.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53

FOR CITATION

Baranova M. S., Obedkova O. A., Kochetkova A. I., Bryzgalina E. S. Ecological state of the bays of the lake area in the Volgograd reservoir under conditions of the formation of mouth abrasion-accumulative jumpers. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 34–53.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ВЫЗОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

УДК 502.53:528.946556.5:911.9

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-54-75

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СОЧЕТАНИЕ СЕЛЬСКОЙ И ГОРОДСКОЙ МЕСТНОСТИ НА ЮГЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ, ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Петров Ю. В.

*Тюменский государственный университет
625002, г. Тюмень, ул. Семакова, д. 10, Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Разработка предложений по организации системы социально-экономического развития юга Тюменской области для формирования межмуниципального баланса при инвариантности существующих региональных и муниципальных экономических механизмов взаимодействия.

Процедура и методы. Было выполнено сравнение сельских поселений по опубликованным данным Федеральной налоговой службы и Росстата, как между собой, так и в ретроспективе (в т. ч. с использованием материалов Списка населённых пунктов Уральской области, 1926 г.). Для выявления пространственной дифференциации социально-экономических процессов было использовано геоинформационное картографирование, позволяющее сопоставлять границы сельских поселений с объектами автодорожной сети, соотнести систему организации сельских поселений во времени. Процедура исследования основана на сопоставлении сведений по различным территориальным единицам между собой для поиска проблем и адресных направлений их разрешения в условиях современного социально-экономического развития юга Тюменской области.

Результаты. По результатам исследования были предложены направления социально-экономического развития сельской местности в регионе, учитывающие существующую региональную и межмуниципальную специфику: экологический, исторический и территориальный императивы. Их использование позволяет решить существующие в регионе проблемы территориального развития (поляризация населения по материальным доходам, снижение производственной активности, ухудшение качества окружающей природной среды), с одной стороны, активизировать использование имеющихся конкурентных преимуществ (наличие экономических связей в рамках единой Тюменской области, природно-ресурсного потенциала, успешных практик), – с другой. Предложенные императивы могут быть внедрены в стратегические документы регионального и местного раз-

вития, как в части выделения приоритетных направлений, так и в части формирования стратегического планирования на основе выбора сельских поселений в качестве фокуса внимания. Использование длительного ряда наблюдений позволяет выделить предложения как долгосрочный тренд, что нивелирует влияние коронакризисного периода.

Теоретическая и/или практическая значимость. Результаты исследования могут быть внедрены в практику государственного и муниципального стратегического планирования в Тюменской области. Использование в качестве единицы управления сельского поселения позволяет детализировать и дифференцировать территориальное управление в границах муниципальных районов и региона в целом. Возможными механизмами внедрения могут выступать региональное и районное стратегическое планирование на основе применения указанных императивов: выделение для населённых пунктов исторических производств, территориальных особенностей, достижимых результатов, экологических ориентиров. Их привязка к местности позволит избежать в региональных стратегических документах практики обобщения проблем трёх субъектов Тюменской области.

Ключевые слова: экологический императив, сельская местность, Тюменская область, сельское поселение, территориальная общественная система

SPATIAL COMBINATION OF RURAL AND URBAN AREAS IN THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION: PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

Yu. Petrov

Tyumen State University

ul. Semakova 10, Tyumen 625002, Russian Federation

Abstract

Aim. The purpose of this work is to put forward proposals for organizing a system of socio-economic development in the South of the Tyumen region for the formation of an inter-municipal balance, with the invariance of the existing regional and municipal economic mechanisms of interaction.

Methodology. Rural settlements are compared using the published data of the Federal Tax Service and Rosstat, both among themselves and in retrospect (using materials from the List of settlements of the Ural region, 1926). The spatial differentiation of socio-economic processes is performed by using geoinformation mapping, which makes it possible to compare the boundaries of rural settlements with the objects of the road network and to correlate the system of organization of rural settlements in time. The research procedure is based on comparing information about various territorial units with each other in order to search for problems and address directions for their resolution in the context of modern socio-economic development of the south of the Tyumen region.

Results. Based on the results of the study, we have proposed directions of socio-economic development of rural areas in the region, taking into account the existing regional and inter-municipal specifics: environmental, historical and territorial imperatives. Their use makes it possible to solve the problems of territorial development existing in the region (polarization of the population in terms of material income, decrease in production activity, deterioration of the quality of the natural environment) and to intensify the use of existing competitive potential (the presence of economic ties within the framework of a single Tyumen region, natural resource potential, and successful practices). The proposed imperatives can be introduced into strategic documents of regional and local development, both in terms of identifying priority areas and in

forming strategic planning based on the choice of rural settlements as a focus of attention. The use of a long series of observations allows one to single out proposals as a long-term trend, which neutralizes the influence of the COVID-19 crisis period.

Research implications. The research results can be introduced into the practice of state and municipal strategic planning in the Tyumen region. The use of a rural settlement as a management unit makes it possible to detail and differentiate territorial management within the boundaries of municipal districts and the region as a whole. Possible implementation mechanisms can be regional and district strategic planning based on the application of these imperatives: allocation of historical production facilities for settlements, territorial features, achievable results, and environmental benchmarks. Their binding to the terrain will make it possible to avoid in regional strategic documents the practice of generalizing the problems of the three subjects of the Tyumen region.

Keywords: ecological imperative, rural area, Tyumen region, rural settlement, territorial social system

Введение

Тюменская область является сложн-ноустроенным субъектом РФ [12], в состав которого входят 2 субъекта РФ: Ханты-Мансийский автономный округ – Югра и Ямало-Ненецкий автономный округ. Извлекаемая нефтегазовая рента [3] позволяет относить все субъекты к регионам-донорам. Устойчивый образ зажиточного края сформировал соответствующие течения федеральной и региональной политики, характеризующиеся изысканием собственных региональных финансовых ресурсов на разрешение социально-экономических проблем¹. Такие подходы усиливают устойчивые длительные тренды урбанизации региона, основным ресурсом для которой выступает сельская местность Юга Тюменской области [4; 5].

¹ «Самые большие потери («выпадающие» доходы) при малом объёме дополнительных трансфертов – в нефтегазодобывающих Ямало-Ненецком и Ненецком АО, а также в Тюменской области... В 2019 г. эти регионы имели высокую бюджетную обеспеченность, их душевые доходы бюджета с корректировкой на индекс бюджетных расходов (ИБР) были на 60% выше средних по регионам РФ. Слабая федеральная помощь означает для них только одно – придётся «выкручиваться» за счёт собственных бюджетных ресурсов» [6, с. 52].

Юг Тюменской области (Тюменская область без автономных округов) отличается уникальными политическими условиями. Обозначим основные:

1. областной парламент и губернатор выбираются населением всей области², доля автономных округов в котором около 60% (рис. 1);

2. ограничения финансовой поддержки (табл. 1) федерального центра [6, с. 52];

3. ориентация на становление Тюмени городом-миллионником³,

² Данный факт не остался незамеченным и в академических кругах. Например, заключение бывшего ректора ТюмГУ Г. Ф. Шафранова-Куцева: «Знаменитая Тюменская матрёшка! У нас больше половины областного парламента – депутаты с Севера, потому что два автономных округа по численности населения больше юга Тюменской области. Они принимают законы, которые их не касаются. Это политологический анекдот. Больше прецедентов в мире, пожалуй, нет. Депутаты должны представлять население, которое живёт на их территории. Население их избрало, но они для них ничего не решают, ни за что не отвечают. В автономных округах свои парламенты. Такие вот находки» [14, с. 10].

³ Решение Тюменской городской Думы от 27.03.2008 №9 «О генеральном плане городского округа город Тюмень» (с изменениями от 25.05.2021) // Гарант: [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/18761852> (дата обращения: 17.08.2021).

доля которого в численности населения юга Тюменской области с 2011 г. возрастает ежегодно практически на 1% (табл. 2);

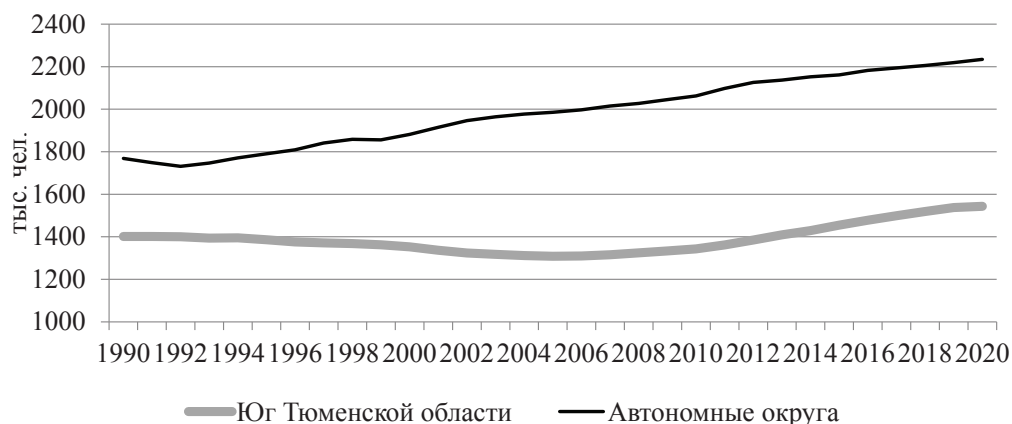


Рис. 1 / Fig. 1. Соотношение численности населения на конец года между Югом и автономными округами Тюменской области / Ratio of the population at the end of the year between the South and the autonomous districts of the Tyumen region

Источник: составлено автором по материалам Тюменьстата : [сайт].

URL: <https://tumstat.gks.ru/ofstatistics> (дата обращения: 17.08.2021).

Таблица 1 / Table 1

Разница собственных (налоговых и неналоговых) доходов консолидированных бюджетов региона и дополнительных трансфертов в 2020 г. по сравнению с 2019 г., млрд руб. / Difference between own (tax and non-tax) income of the consolidated budgets of the region and additional transfers, 2020 compared to 2019, billion rubles

Регионы	Изменение собственных доходов	Дополнительные трансферты
Тюменская область	-56,1	7,1
Ямало-Ненецкий АО	-39,1	8,6
Ханты-Мансийский АО	6,7	-0,8

Источник: [6]

Таблица 2 / Table 2

Динамика численности населения г. Тюмени в 2012–2021 гг., на 1 января, тыс. чел. / Dynamics of the population of Tyumen in 2012–2021, as of January 1, thousand people

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего	633	657	680	697	721	745	768	789	807	817
% от населения региона	46,46	47,44	48,24	48,77	49,54	50,38	51,26	51,93	52,51	52,92

Источник: составлено по материалам Базы данных муниципальных образований : [сайт].
URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 17.08.2021)

4. оптимизация муниципального устройства в пользу городских округов¹. Каждая из этих позиций размывает роль сельской местности в стратегическом планировании, снижая приоритетность местных проблем в угоду всё большей концентрации избирателей, инвестиций, предпринимательских идей и молодёжи за пределами данной территории.

Характеристика текущего административно-территориального устройства юга Тюменской области

Территория 19 из 20 оставшихся муниципальных районов формируется из контуров слагающих их сельских поселений, а нефтедобывающий Уватский район также включает межселенную территорию. С точки зрения функционирования целостных территориальных общественных систем [9; 13], необходимо отметить наличие на межселенной уватской территории стойбищ демьянских хантов. Численность представителей данного коренного малочисленного народа Севера превышает 100 человек. Но при этом за счёт территориального размежевания демьянские ханты формируют традиционное природопользование на значительной части тайги вдоль р. Демьянки [1].

Число сельских поселений регулярно снижается, что обусловлено институциональными преобразованиями: созданием из муниципальных районов городских округов и слияниями. В 2019 г. был создан Голышмановский городской округ из Голышмановского

муниципального района, с соответствующим упразднением 15 сельских поселений. При этом данное образование получило статус городского округа, а не муниципального, что, в целом, характеризует стремление к оптимизации расходов на территориальное управление, широко представленное в отечественной практике [7]. В результате, по материалам муниципальной статистики, на территории образованного городского округа отсутствует городское население (табл. 3).

Данные институциональные преобразования муниципалитетов в краткосрочной динамике не привели к улучшению демографической ситуации: администрацией планировалось направить на улучшение демографической ситуации часть сэкономленных средств от административных преобразований на следующие мероприятия:

- повышение качества жизни населения;
- социальная поддержка семей с детьми;
- пропаганда семейного образа жизни, семейных ценностей;
- повышение уровня здоровья и долголетия населения².

Результат не был достигнут, скорее всего, из-за упрощения причин сложившейся демографической ситуации в регионе, несоответствия роста финансовых возможностей образуемого муниципалитета объёму требуемых вложений.

По данным из таблицы можем вычислить среднюю плотность населе-

¹ Прим.: Например, Законом Тюменской области от 20.09.2018 №69 создан Голышмановский городской округ в границах ранее существовавшего Голышмановского муниципального района.

² Сводный доклад о результатах мониторинга эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов за 2017 год. Тюмень: 2018. 106 с.

Таблица 3 / Table 3

Голышмановский и Заводоуковский городские округа Тюменской области: основные административно-территориальные характеристики / Golyshmanovsky and Zavodoukovsky urban districts of the Tyumen region: main administrative and territorial characteristics

Городской округ	Население на 1.01.18, чел.	Население на 1.01.21, чел.	в т. ч. сельское	Сельские/городские населённые пункты ¹	Площадь, тыс. га
Голышмановский	25851	24922	24922	61/0	408,5
Заводоуковский	46820	46382	19905	47/1	299,6

Источник: составлено по материалам Базы данных муниципальных образований : [сайт]. URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 17.08.2021)

ния: 6 чел./км² в Голышмановском, 15 чел./км² – в Заводоуковском. В промежутке между этими городскими округами располагается Омутинский район со средней плотностью – 6 чел./км². Таким образом, единое селитебное пространство было искусственно дифференцировано.

Институциональными методологическими особенностями выступают и отсутствие в регионе городских поселений при наличии 5 рабочих посёлков, население которых отнесено к сельскому. Рабочий посёлок, позиционируемый в качестве синонима посёлка городского типа, относимого к разряду городских населённых пунктов, учитывается сельским². Именно этими мето-

дологическими переходами в подсчёте горожан обусловлены краткосрочные моменты региональной рурализации.

Социально-экономические процессы в регионе формируются в соответствии с моделью Й. Тюнена [16; 17; 18] вокруг областного центра. В условиях ограниченности земельных участков под строительство в г. Тюмени, улучшения транспортной доступности пригорода, интернетизации профессиональной занятости и бытовых услуг усилилась субурбанизация. При одновременном сопоставлении уровня доходов физических лиц в сельских поселениях на основных автотранспортных магистралях (рис. 2) фиксируется опережающий рост в пригородной зоне (рис. 3–4).

Представленные соотношения подчёркивают некорректность текущего позиционирования рабочих посёлков Тюменского района в качестве сельских поселений, а не городских. Данная неравномерность проявляется и в формировании социальной несправедливости, когда более обеспеченное население пригорода имеет меньшую

городскими, так и сельскими населёнными пунктами.

¹ Закон Тюменской области от 05.11.2004 № 263 «Об установлении границ муниципальных образований Тюменской области и наделении их статусом муниципального района, городского округа и сельского поселения» (в ред. от 19.04.2019) // Гарант : [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/18724623/> (дата обращения: 17.08.2021).

² В соответствии с Законом Тюменской области от 04.11.1996 № 53 «Об административно-территориальном устройстве Тюменской области» рабочие посёлки могут быть как

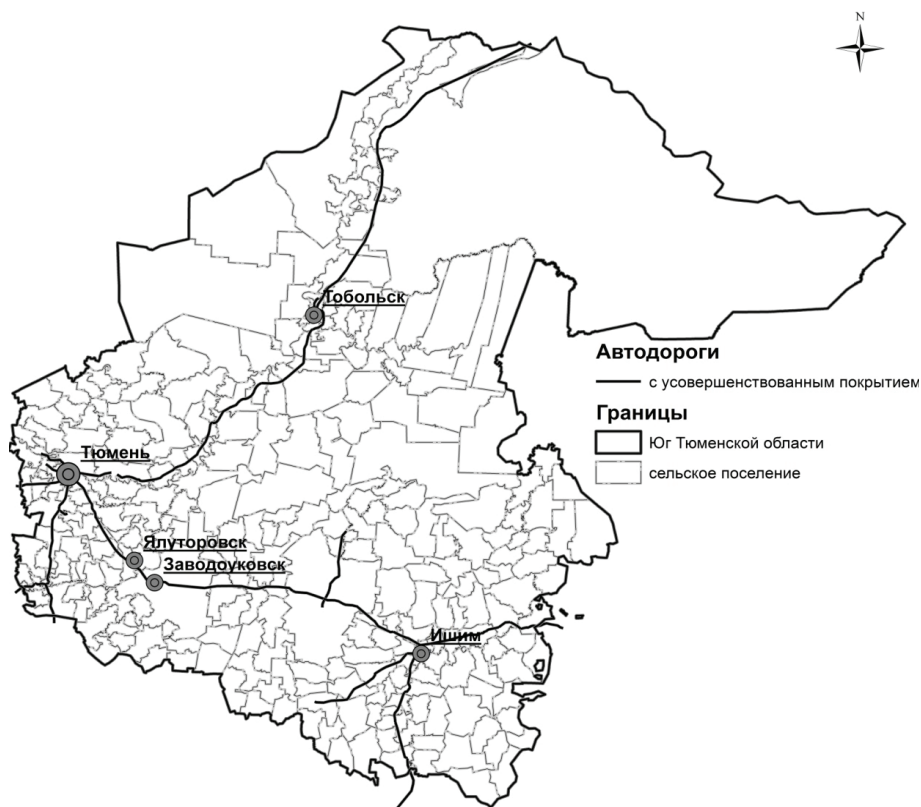


Рис. 2 / Fig. 2. Схема расположения сельских поселений Тюменской области относительно автодорожной сети / Layout of rural settlements of the Tyumen region relative to the road network

Источник: составлено автором

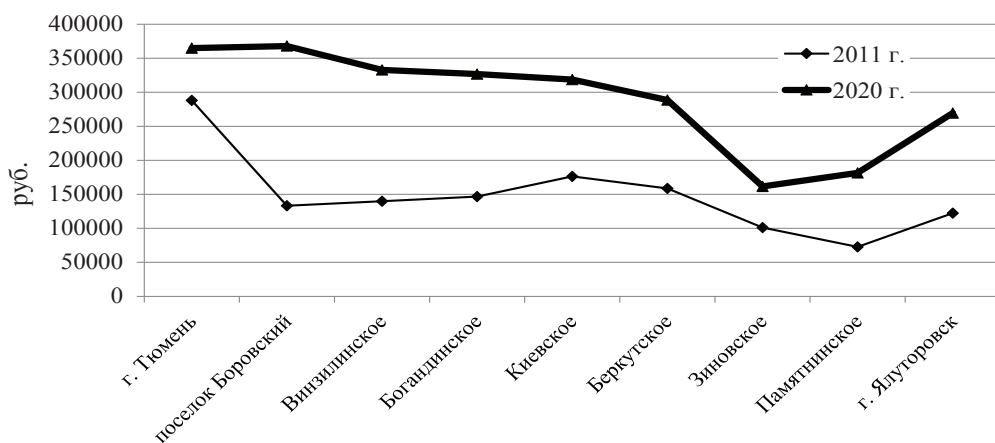


Рис. 3 / Fig. 3. Динамика изменения средних годовых доходов физических лиц в 2011 г. и 2021 г. в муниципальных образованиях вдоль участка автомобильной дороги Тюмень–Ялutorовск / Dynamics of changes in the average annual income of individuals in 2011 and 2021 in municipalities along the section of the Tyumen–Yalutorovsk highway

Источник: составлено по материалам Федеральной налоговой службы : [сайт]. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn72/related_activities/statistics_and_analytics/forms (дата обращения 17.08.2021)

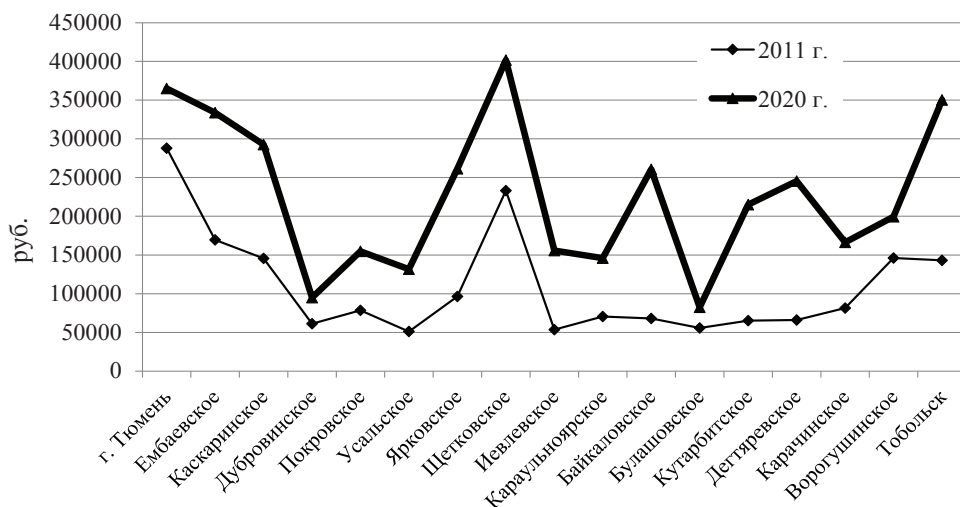


Рис. 4 / Fig. 4. Динамика изменения средних доходов физических лиц в 2011 г. и 2021 г. в муниципальных образованиях вдоль трассы Тюмень–Тобольск¹ / Dynamics of changes in the average income of individuals in 2011 and 2021 in municipalities along the Tyumen-Tobolsk highway

Источник: составлено по материалам Федеральной налоговой службы : [сайт].
URL: https://www.nalog.gov.ru/rn72/related_activities/statistics_and_analytics/forms
(дата обращения 17.08.2021)

налоговую нагрузку, нежели горожане. И, безусловно, при позиционировании жителей рабочих посёлков в качестве селян размывается роль собственно сельских жителей, генезиса их социально-экономических проблем.

В целом, как и в большинстве регионов страны, проявляются концентрация населения юга Тюменской области в городах, прежде всего, в областном центре; поляризация между различными муниципалитетами по уровню жизни населения, сжатие пространства. Бенефициарами становятся крупные агрохолдинги, а пострадавшими – местные территориальные общности людей².

¹ Прим.: Высокие показатели среднего дохода в Щетковском связаны с занятостью населения на КС-10 (транспортировка природного газа) ООО «Сургутгазпром».

² «Летом 2015 г. мы брали интервью у главы од-

Приоритеты пространственного развития

По аналогии с исследованиями регионов Центральной России [8], отметим необходимость принятия регулирующих управленческих решений,

ного из сельских поселений Аромашевского района: – Самая главная идея – создание рабочих мест на территории – самая проблемная... Наша территория относится к Боровской птицефабрике. Вообще как-то так получилось, что они у нас всё купили. – Ну, а люди там не работают? – Не работают наши люди там... – Земли, получается, заняты уже? – ...нет ни одного гектара, чтобы был не пахан... Переработки никакой, ни молочной, ни мясной продукции. Всё зерно уходит Боровской птицефабрике, на корм птиц. Вся молочка у нас привозная. В общем, мы с этого ничего не имеем. Даже зерна купить для личного подсобного хозяйства мы не можем, нам не продают, всё реализуют у себя» [15, с. 102].

которые обеспечивали бы сбалансированное социально-экономическое состояние сельской местности Тюменской области. Первичным генеральным решением является выбор направления действий. Здесь, в отличие от Центральной России, исключили бы 2 потенциальных приоритета: первый приоритет «не делать ничего» (*laissez-faire* – пустить на самотёк, а жизнь разберётся и, быть может, повернёт вспять [8]); второй приоритет «ускорение сжатия хотя бы ради экономики бюджетных средств».

События 2021 г. продемонстрировали неприемлемость данных приоритетов для региона. Первое направление привело к возникновению катастрофической ситуации в лесопожарный период 2021 г.¹ Заброшенные в 1990-е гг. пашни заросли за последние 30 лет, что привело к возникновению многочисленных «ландшафтных» возгораний – вне лесничеств. Всеобщая оптимизация социального обслуживания и административного устройства сформировали очаги утраты сельского управления внутри городских округов, когда любое административное действие, социальное обслуживание соотносятся только с городом².

¹ В Тюменской области из-за ландшафтного пожара сгорели 25 дачных домов // ТАСС : [сайт]. URL: <https://tass.ru/proisshествiya/11395605> (дата обращения 17.08.2021).

² «Вопрос с решением проблем населения на заседании поднял депутат Владимир Ульянов. «Неужели со всеми вопросами жителям придётся ездить в Голышманово, вместо того, чтобы решать всё это на местах?» – спросил он. Александр Желтоухов пояснил, что обращение граждан за муниципальными услугами давно организовано по принципу одного окна. «Даже сейчас, когда сельские администрации на террито-

Для сбалансированного регионального развития рекомендуется управленческие решения принимать на основе дифференциации пространства: отдельный комплекс регулирования для сельских территориальных общественных систем (ТОС), отдельно – для городских округов. Выделенные приоритеты: экологический, исторический, территориальный. Для возможности практического применения рекомендуемого инструментария мероприятия ориентируем на существующий функционал региональных и местных полномочий.

Выделение предложенных императивов основано на систематизации приоритетов государственного и регионального развития, общественных запросов. Источником первых явились нормативные правовые акты РФ, Тюменской области, утверждающие документы стратегического развития. Источником вторых – авторская экспертная деятельность в Общественной палате Тюменской области.

Обращение к историческим результатам осуществляемой населением хозяйственной деятельности позволяет ориентировать местное управление на восстановление самокупаемости на основе современных коммерческих запросов и технологических достижений.

Районы юга Тюменской области в начале XX в. являлись привлекательными территориями со сложившимися устойчивыми производственными

рии есть, вопросы решаются на районном уровне. Народ уже приучен. Проблем в этом нет»; В Тюменской области появился новый городской округ // Вслух.ru : [сайт]. URL: https://vsluh.ru/novosti/obshchestvo/v-tyumenskoy-oblasti-poyavilsya-novyy-gorodskoy-okrug_317609/ (дата обращения 17.08.2021).

взаимоотношениями. Предпосылками для выделения экологического императива явились ухудшение экологической ситуации в регионе и рост значимости охраны окружающей среды для гражданского общества. Предтечей для выделения территориального императива стали проявления существенных различий в природопользовании внутри небольших сельских поселений между населёнными пунктами: когда одна деревня демонстрировала рост сельскохозяйственных показателей, а соседняя – депрессию.

Экологический императив

Существенным источником загрязнения атмосферного воздуха в Тюменской области является автомобильный транспорт; соответственно, снижение его концентрации и технологический переход на новые виды топлива, эволюция качества используемых нефтепродуктов – призваны стать основным драйвером улучшения качества атмосферного воздуха¹. Для этого направления развивается и внешнее регламентирующее влияние: ожидания ввода углеродного налога²,

ратификация Парижского соглашения по климату [11].

Окраины города на севере – огромный Тарманский болотный массив, застройка которого требует соответствующего регулярного геоэкологического мониторинга. Остальные направления расширения города лимитированы лесопарковым зелёным поясом³. В итоге, динамично увеличивающий численность населения город не имеет перспективных земельных участков для вовлечения в хозяйственный, селитебный и социальный обороты.

Тезисно можно отметить проблему накопления отходов производства и потребления, сформировавшихся вблизи городов. Пригородные полигоны являют собой примеры мин замедленного действия⁴. Время от времени возникают как юридическая дилемма с продлением срока их существования: «закрывать нельзя оставить», так и прямые угрозы в формате возгорания и последующего переноса дыма с объектов в городскую среду.

Ни по одному из выделенных нами экологических аспектов простого результативного решения не просматривается. Причём, следует отметить, что проблемы имеют не столько финансовые лимитирующие барьеры, сколько институциональные: отсутствие консенсуса в обществе по приоритетам со-

¹ Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2020 году // Официальный портал органов государственной власти Тюменской области : [сайт]. URL: https://ad-mtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11923003@cmsArticle (дата обращения: 17.08.2021).

² «Главным источником эмиссии парниковых газов является сжигание ископаемого топлива. Совокупные региональные выбросы парниковых газов в CO₂ эквиваленте в 2019 г. составили порядка 32 млн т, объём их поглощения находился на уровне 13 млн т. Таким образом, в рассматриваемый период наблюдался положительный баланс поступления парниковых газов над их поглощением» (Доклад об экологической ситу-

ации в Тюменской области в 2020 г. Тюмень: Правительство Тюменской области, 2021. 158 с.).

³ Лесной комплекс : [Электронный ресурс]. URL: <https://gis.72to.ru/map/forestry/#69.263306,57.780376/7/21603,1437> (дата обращения: 17.08.2021).

⁴ Фахрутдинов А. К. Нам от мусора не спрятаться, не скрыться... // Гражданская трибуна. 2021. № 1. С. 6.

циального развития. Стратегические документы регионального развития¹ не дают ответов на данные запросы. А сложившиеся механизмы городского хозяйства и сформировавшихся экономических механизмов усложняют по спирали состояние окружающей природной среды. Для расшивки заторов на основных городских магистралях создаётся новая дорожная инфраструктура, которая способствует росту автомобилизации, что увеличивает запросы на расширение дорожной инфраструктуры. При ограниченности участков для застройки развивается уплотнительная многоэтажная застройка, которая усиливает социальные потребности, что требует расширения социальной инфраструктуры.

Таким образом, в условиях выраженного дефицита земельных участков для застройки, ухудшающегося состояния окружающей природной среды при нарастающей классической урбанизации необходимо принятие комплексных решений территориального развития. Наиболее очевидной видится ситуация эколого-ориентированного градостроительства. Если качество окружающей среды в границах определённой ТОС не соответствует современным критериям, то строительство запрещается. Разрабатываются многолетние планы

по оптимизации качества окружающей среды, в бюджете определённой административной единицы закладываются природоохранные мероприятия, реабилитация территории.

Дифференциация пространственного (геотерриального) развития позволяет формировать многовариантные планы развития, обеспечивающие поиск баланса. За пределами областного центра экологическим императивом руководствуются сельские поселения, городские округа. Если пригородная зона соответствует основным экологическим критериям, то именно она может стать привлекательной для застройщиков, что, в свою очередь, потребует развития инженерной и социальной инфраструктур. Современное широкое вовлечение интернет-технологий позволяет в условиях сельской местности достигать городских условий проживания в сельской местности. А наличие устойчивой автомобильной связи между населёнными пунктами усиливает привлекательность пригородной зоны для проживания. В случае достижения определённого экологического барьера включается блокирующий механизм, соответственно, привлекательной становится вторая пригородная зона и т. д.

Для примера приведём данные по динамике загрязнения атмосферного воздуха в 4-х городах: Тюмень, Тобольск, Ишим, Ялуторовск (табл. 4). За десятилетний период прослеживается рост в пригородных районах доли от совместной с городом суммы выбросов (за исключением Тобольского – что связываем с масштабными инвестициями ПАО «СИБУР Холдинг» в нефтегазохимический комплекс). Ишимская и Ялуторовская пригородные зоны уже значительно превосходят по вы-

¹ Стратегия социально-экономического развития Тюменской области до 2030 года // Деловой портал Тюменской области. URL: <https://www.tyumen-region.ru/investments/strategy/> (дата обращения: 17.08.2021); Схема территориального планирования Тюменской области // Официальный портал органов государственной власти Тюменской области. URL: https://admtyumen.ru/ogv_ru/finance/town_planning/more.htm?id=11555726@cmsArticle (дата обращения: 17.08.2021).

Таблица 4 / Table 4

Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников (тыс. т) / Pollutants emitted into the atmosphere from stationary sources (thousand tons)

Территория	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
г. Тюмень	12,7	11,7	12,5	20,9	23,5	17,4	14,9	17,4	16,5	18,3
Тюменский район	7,3	8,8	13,0	7,7	5,8	11,9	11,6	4,6	10,4	6,7
г. Тобольск	9,8	9,9	10,2	10,4	10,8	12,6	13,0	15,1	13,6	14,3
Тобольский район	5,7	4,3	7,1	4,4	8,5	7,2	11,6	7,6	2,3	5,1
г. Ишим	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5
Ишимский район	2,2	1,2	1,0	1,9	0,7	2,0	0,7	2,3	2,1	2,1
г. Ялуторовск	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
Ялуторовский район	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6
Городские округа ¹ и пригородные районы	40,4	38,4	46,4	47,7	52,1	53,9	54,7	50,4	48,2	49,5
Непригородные районы ²	11,5	21,8	13,3	10,1	8,6	12,5	9,1	14,9	11,5	19,9

Источник: составлено по материалам Базы данных муниципальных образований : [сайт]. URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 17.08.2021)

бросам в атмосферу свои административные города, что можно соотнести с инвестиционными приоритетами корпораций. В целом, при отсутствии механизма комплексной застройки, основанной на экологическом императиве, можно отметить стихийное перемещение производств в сельскую местность. Наличие регламентированных правил, с одной стороны, позволило бы существенно снизить экологические риски инвесторов, с другой стороны, – разместить в сельской местности современные производства.

При внешней наивности предлагаемого инструментария по внедрению экологического императива на территории г. Тюмени он имеет фактические стихийные примеры апробации. На медийном уровне успешно пред-

ставленными выглядят общественные запреты на строительство завода ферросплавов³, застройки заброшенного Городищенского лога в центре Тюмени под студенческий кампус⁴, вырубки деревьев вблизи детского сада на ул. Мельничной⁵. В каждом из представленных случаев инвесторы понесли неожиданные финансовые и репутационные потери, которые можно было бы избежать. Поэтому есть возможность декларировать, что де-

³ Фонаков Н. Александр Моор запретил строительство опасного завода у жилых домов // RBK : [сайт]. URL: <https://t.rbc.ru/tyumen/16/06/2021/60c9febb9a794784c4c188ca> (дата обращения: 17.08.2021).

⁴ Строительство студенческого кампуса в Тюмени приостановлено // RBK : [сайт]. URL: <https://t.rbc.ru/tyumen/28/07/2020/5f1ff6489a7947b27c441810> (дата обращения: 17.08.2021).

⁵ «В повестке совещания – защита деревьев» // Администрация города Тюмени : [сайт]. URL: <https://www.tyumen-city.ru/sobitii/society/90381> (дата обращения: 17.08.2021).

¹ Прим.: Включая Заводоуковский городской округ.

² Прим.: За исключением нефтедобывающего Уватского района.

факто экологический императив пробивает себе путь в городской экономике, но отсутствие его географического оформления приводит к дезорганизации общественного развития в угоду частному стечению обстоятельств.

Исторический императив

Наряду с экологическими приоритетами очень важны и исторические аспекты формирования современной селитебной сети на юге Тюменской области. Здесь уместна фраза Петра Столыпина: «в России за 10 лет меняется всё, за 200 лет – ничего».

В начале прошлого столетия тюменское село производило аграрную продукцию экспортного назначения. Прежде всего, сливочное масло. В современном мире данная продукция ценится уже по своим экологическим характеристикам (отсутствие добавок, создание в безопасной экологической среде, использование экологического сырья, географическая детализация производства продукции и т. д.).

Например, несмотря на многочисленные административно-территориальные преобразования на территории современной Тюменской области, контур границ Исетского муниципального района не претерпел изменений с 1926 г. (рис. 5), когда он являлся составной частью Уральской области [10]. Как отмечали авторы, «транспортные связи района почти исключительно обслуживаются трактовыми дорогами, образующими в районном центре дорожный узел с выходами на Шадринск, Курган, Ялуторовск и Тюмень» [10, с. 14]. Спустя почти век ситуация принципиальным образом не изменилась (рис. 5).

В том же источнике указано, что главным направлением выступало

полеводство. Материалы дистанционного зондирования земли позволяют выделить в центральной части муниципального района доминирование земледелия. Даже соотношение между площадями полей под озимые и яровые культуры не претерпело существенных изменений: 94/6 в 1926 г. и 98/2 в планах 2021 г. (49,6 тыс. га и 1,1 тыс. га¹).

В 1926 г. в районе были кустарные производства: плетение коробов, мукомольное, пимокатное, прядильное, овчинно-меховое. Селяне работали на 16 маслодельных заводах. В 2021 г. ни одного из существовавших производств на территории района не сохранилось. Производство пищевых продуктов на предприятиях региона не восстановилось к докризисному 2019 г. по большинству позиций, а по производству сливочного масла фиксируется снижение производства ещё с 2018 г. (рис. 6). На фоне роста численности населения происходит сокращение производства продукции, что существенно снижает среднее потребление, значение которого уже в 5 раз уступает рекомендациям по нормам питания². Возрождение на новой тех-

¹ Информация о ходе проведения уборочных работ на 17.08.2021 // Официальный портал органов государственной власти Тюменской области : [сайт]. URL: http://tyumen.gov.ru/ogv_ru/finance/apk/more.htm?id=11920330@cmsArticle (дата обращения: 17.08.2021).

² Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 13.08.2014 №552н «Об утверждении рекомендуемых норм питания при предоставлении социальных услуг в стационарной форме» // Гарант : [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/70798586/> (дата обращения: 17.08.2021); Также следует отметить, что с 2017 г. Тюменьстат стал вести статистику по категории «Масло сливочное и пасты масляные» вместо «Масло сливочное».

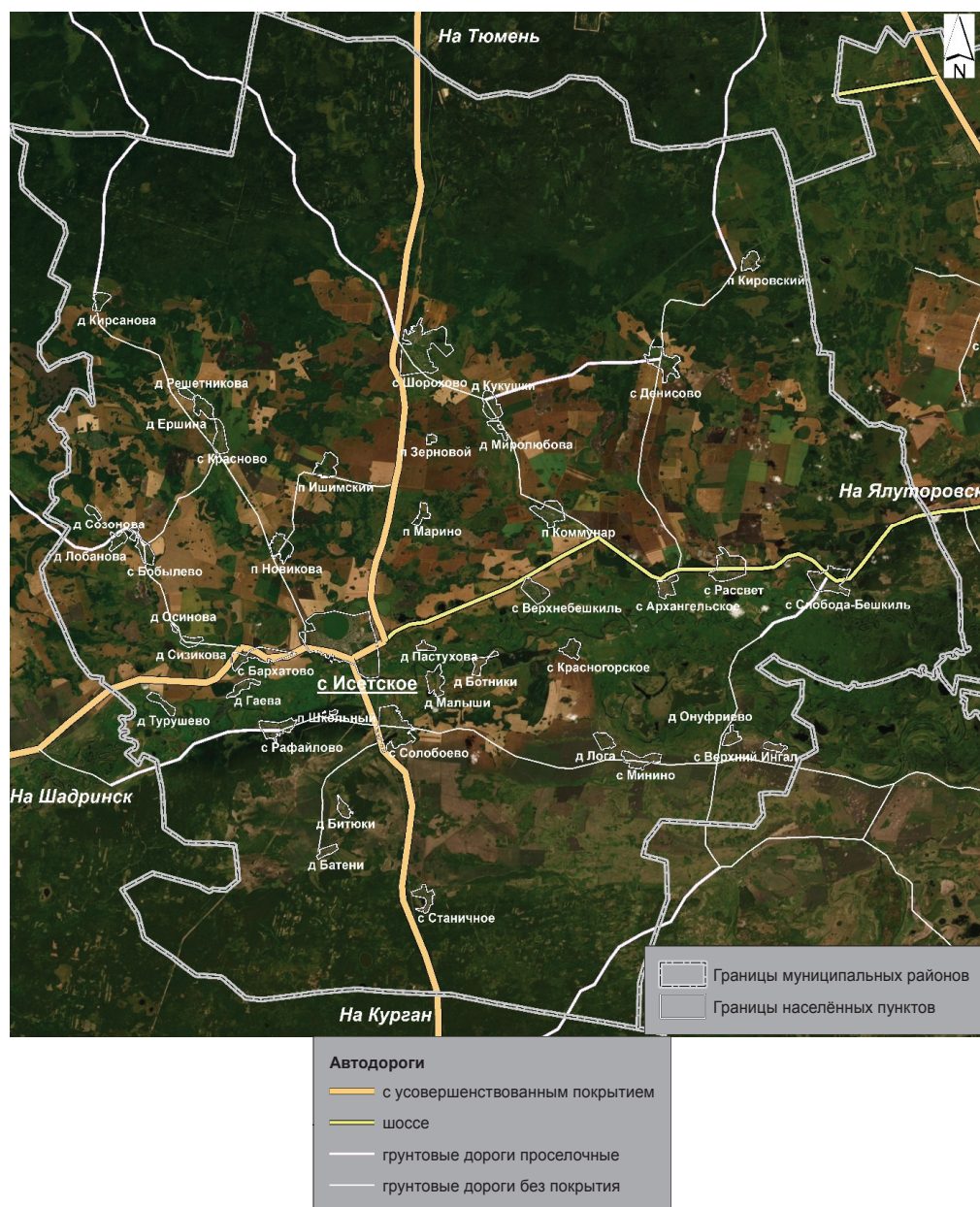


Рис. 5 / Fig. 5. Автодорожная инфраструктура Исетского муниципального района и сервиса материалов дистанционного зондирования Esri¹ / Road infrastructure of the Isetsky municipal district

Источник: составлено автором по материалам Геопортала Тюменской области
URL: <https://gis.72to.ru/> (дата обращения: 17.08.2021)

¹ Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. ArcGIS Online : [сайт]. <https://www.arcgis.com/home/index.html> (дата обращения: 17.08.2021).



Рис. 6 / Fig. 6. Динамика производства сливочного масла на Юге Тюменской области в 2013–2020 гг. / Dynamics of butter production in the South of the Tyumen region in 2013–2020

Источник: составлено автором по материалам Тюменьстата : [сайт].

URL: <https://tumstat.gks.ru/ofstatistics> (дата обращения: 17.08.2021)

нологической основе утраченных видов деятельности соответствует целям диверсификации экономики, аграрной безопасности и сбалансированного долгосрочного развития сельской местности.

Основные текущие производственные показатели земледелия на 17.08.2021 г. на юге Тюменской области находятся на невысоких позициях (табл. 5), что обусловлено неблагоприятными сезонными климатическими характеристиками. Последние, в свою очередь, могут быть связаны с глобальным потеплением, что подчёркивает необходимость повсеместного ориентирования на экологический императив.

Поставщиками аграрной продукции могли бы выступить сельскохозяй-

ственные потребительские кооперативы [2], как некогда рабочие артели и объединения, покупателем – региональный и местные бюджеты для снабжения социально-значимых объектов: школьного питания, всей совокупности объектов образования, здравоохранения, пенитенциарной системы, социального обслуживания и т. д.

Аналогичные направления могут быть проработаны для всех 1 236 населённых пунктов юга Тюменской области с поиском возможности их реализации в современных условиях. Сюда можно отнести ремесленное производство на основе имеющихся местных ресурсов, рекреационные и туристические направления. Последнее особо приемлемо в условиях ковидных ограничений.

Таблица 5 / Table 5

Производство зерновых на Юге Тюменской области, в хозяйствах всех категорий / Grain production in the South of the Tyumen region, in farms of all categories

Годы	Посевные площади зерновых культур, тыс. га	в т. ч. яровые	Урожайность, ц/га	в т. ч. яровые	Валовой сбор зерновых, тыс. т	в т. ч. яровые
1913	378,9	285,6	7,5	-	-	-
1928	745,5	672,2	9,0	-	-	-
1932	649,3	499,8	6,9	-	-	-
1940	890,2	693,1	8,7	-	-	-
1962	1200,7	1033,4	9,2	8,7	1056,8	903,0
1990	903,1	801,1	18,4	16,1	1517,5	1292,9
2019	659,5	620,4	24,7	25	1479,2	1374,9
2020	681,4	640,3	21	21	1436,7	1346,4
2021	680,6	626,4	14	14	-	-

Источник: составлено автором по материалам департамента агропромышленного комплекса Тюменской области : [сайт]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/finance/apk/apk_news.htm (дата обращения: 17.08.2021)

Территориальный императив

Для сбалансированности пространственного регионального развития необходимо оперирование геоинформационными сведениями о природно-ресурсном потенциале конкретной местности, социально-экономических преимуществах и недостатках конкретной территориальной общественной системы. Наличие актуальной, полной картографической информации о территориальной общественной системе позволяют управленцам точно реагировать на определённые локальные вызовы (лесные пожары, подтопления, засухи, проявления вредителей и т. д.), обеспечивать инвесторов сведениями о рисках и потенциале, социальные службы – мерами для оказания адресной поддержки. Сходная практика реализуется в Европе как составляющая ландшафтного планирования. Последнее успешно зарекомендовало себя в вопросах организации

охраны окружающей среды [19; 20], соответственно, в условиях экологизации экономики может быть использовано в качестве триггера для социально-экономического развития.

Одним из примеров реализации данного императива может выступать выбор наилучших локальных практик использования местных ресурсов. Например, в состав Шевыринского сельского поселения входят 2 деревни, для которых характерно снижение численности населения (табл. 6). При этом сохраняется примерный паритет в гендерном распределении.

При систематизации сведений по материалам похозяйственного учёта получаем разнонаправленные тенденции развития в приусадебном хозяйстве 2-х населённых пунктов (табл. 7).

За период 2014–2018 гг. в д. Лихачева поголовье КРС увеличилось на 98% (при снижении в соседней деревне на 42%), поголовье свиней снизилось на

Таблица 6 / Table 6

Численность населения в 2-х деревнях Шевыринского сельского поселения Абатского района Тюменской области по результатам переписей / Population in 2 villages of the Shevyrinsky rural settlement of the Abatsky district of the Tyumen region according to the results of the censuses

	д. Камышинка				д. Лихачева			
	1926	1989	2002	2010	1926	1989	2002	2010
Всего	855	321	261	190	465	165	139	81
мужчин	389	172	127	97	208	78	70	38
женщин	466	149	134	93	257	87	69	43

Источник: составлено автором по материалам Тюменьстата : [сайт].
URL: <https://tumstat.gks.ru/ofstatistics> (дата обращения: 17.08.2021)

Таблица 7 / Table 7

Поголовье домашнего скота у населения в 2 деревнях Шевыринского сельского поселения Абатского района Тюменской области / Livestock population in 2 villages of Shevyrinsky rural settlement of Abatsky district of the Tyumen region

	д. Камышинка					д. Лихачева				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
КРС	103	98	92	74	60	103	83	92	147	204
Коровы	53	52	46	38	30	46	39	49	70	88
Свиньи	51	40	30	18	34	67	21	18	18	15
Свиноматки	27	19	17	3	16	43	15	10	11	5
Овцы/козы	61	40	48	52	34	209	80	96	146	205
Овцематки и козوماتки	52	38	43	40	26	146	65	57	101	128
Лошади	16	16	14	12	9	26	27	56	38	19
Птица	288	272	228	166	192	298	308	307	259	270
Кролики	25	7	7	8	8	-	-	-	-	-
Пчелосеми	3	8	8	12	9	15	15	15	8	5

Источник: составлено автором по материалам похозяйственного учёта Абатского района Тюменской области, 2019 г.

88% (34%), поголовье овец и коз – на 2% (45%). Ещё более показательно выглядит динамика после 2014 г., что может быть связано с вводом РФ продуктового эмбарго. Жители одной деревни смогли использовать имеющиеся возможности, в т. ч. и благодаря наличию значительных площадей заливных

лугов¹. Другая деревня оконтурена по периметру сельскохозяйственными полями и овражно-балочными неудобьями, что существенно ограничивает

¹ Публичная кадастровая карта : [сайт]. URL: <https://pkk.rosreestr.ru> (дата обращения: 17.08.2021).

потенциал для развития пастбищного скотоводства. С другой стороны, при организации устойчивого снабжения кормами, перспективным становится свиноводство. Например, в 2018 г. в д. Камышинка произошло существенное увеличение свиноматок (с 3 до 16), что можно рассматривать в качестве инвестиций домохозяйств на несколько лет вперед.

С 2019 г. региональному правительству пришлось реагировать на «ухудшение ситуации в связи с распространением новой коронавирусной инфекции»¹, результатом чего стал план первоочередных региональных мероприятий по предупреждению и нивелированию негативных тенденций развития экономики. Но, к сожалению, отсутствие детализированной информации по состоянию сельских территориальных общественных систем потребовало выстраивание разового сбора информации, который не стал проводиться на постоянной основе. В ручном режиме были сформированы приоритетные мероприятия, которые были направлены на нивелирование текущих социально-экономических проблем, а не на долгосрочное стратегическое развитие.

Спозиций организации администрирования ведения данной информации при формировании распределённой модели создания геоинформационных баз данных дополнительного финансирования не должно понадобиться. Технологическая часть может быть развёрнута на базе геопортала Тюменской области, юридическая и организацион-

ная – в рамках действующей программы цифровизации.

Заключение

Таким образом, на территории юга Тюменской области сформировалась резкая поляризация по уровню социально-экономического развития между городской и сельской местностью. На данный процесс накладываются негативным образом особенности административно-территориального устройства региона (Тюменская область – сложноустроенный субъект РФ). Единое селитебное пространство юга Тюменской области искусственно дифференцировано административными преобразованиями, которые искажают результаты представления социально-экономического развития городского и сельского населения.

В рамках процессов сжатия пространства сельские территориальные общественные системы становятся современными дауншифтерами². Несогласные «голосуют ногами». Утрачивается потенциал сельского производства, которое вполне могло бы вписаться в рыночные условия при соответствующем регулировании. В то же время городские территории сталкиваются с ухудшением экологической обстановки, дефицитом общественных пространств. Вместе с тем существуют объективные стратегические возможности сбалансированного развития сельской местности, в основе которых могут быть заложены экологический, исторический, территориальный императивы.

¹ Из документа «План первоочередных региональных мероприятий по предупреждению и нивелированию негативных тенденций развития экономики Тюменской области и сохранению рабочих мест на 2020 год»

² Прим.: дауншифтинг – (от английского *downshifting* «замедление, смещение вниз») подход к формированию скромного образа жизни и отказа от материальных ценностей.

Описанные механизмы вполне вписываются в сложившуюся административную вертикаль власти в Тюменской области, соответствующие трендам в области цифровизации и экологизации на всех уровнях управления. Географический анализ ситуации в конкретной местности, понимание при принятии решений стратегических приоритетов для местного населения, осознание исторических предпосылок для возникновения населённого пункта, механизмов

функционирования хозяйства – всё это повышает качество территориального управления, его соответствие ожиданиям граждан. Данные направления позволяют нивелировать пространственную поляризацию между городской и сельской местностью, получать дополнительный социально-экономический эффект за счёт перераспределения производственной нагрузки.

Статья поступила в редакцию 12.07.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаев В. Н. Этапы адаптации юганских хантов на р. Демьянке: хозяйственное освоение и заселение новой территории // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 1. С. 67–75.
2. Буторина Г. Ю. Малые формы хозяйствования в АПК Тюменской области: проблемы и перспективы развития // Агропродовольственная политика России. 2019. № 3-4. С. 27–31.
3. Давыденко В. А., Лазутина Д. В., Ромашкина Г. Ф. Тюменская область как регион отладки административных технологий // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2015. Т. 1 № 3. С. 181–191.
4. Добрякова В. А., Добряков А. Б. Анализ миграционных процессов в Тюменской области // Географический вестник. 2021. № 1. С. 42–52. DOI:10.17072/2079-7877-2021-1-42-52
5. Добрякова В. А., Добряков А. Б. Моделирование изменения численности населения с учётом положения муниципальных образований в системе расселения (на примере Тюменской области) // Интеркарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26. № 1. С. 215–227. DOI:10.35595/2414-9179-2020-1-26-215-227
6. Зубаревич Н. В. Возможности децентрализации в год пандемии: что показывает бюджетный анализ? // Региональные исследования. 2021. № 1. С. 46–57. DOI:10.5922/1994-5280-2021-1-4
7. Кузнецова О. В. Города как акторы глобализации: различия субъектов Федерации и муниципальных образований в России и Германии // Региональные исследования. 2020. № 1. С. 16–26. DOI:10.5922/1994-5280-2020-1-2
8. Нефёдова Т. Г., Трейвиш А. И. Поляризация и сжатие освоенных пространств в центре России: тренды, проблемы, возможные решения // Демографическое обозрение. 2020. Т. 7. № 2. С. 31–53. DOI:10.17323/demreview.v7i2.11138
9. Петров Ю. В. Стратегическое комплексирование традиционного природопользования КМНС и технологичной экономики для устойчивого развития Сургутской территориальной общественной системы // Электронный научно-практический журнал «Культура и образование». 2014. № 1. URL: <http://vestnik-rzi.ru/> (дата обращения: 16.08.21).
10. Список населённых пунктов Уральской области. Т. XIV. Тюменский округ / Плешков А. М., Антонов М. П., Гридин И. Н., Колупаев А. А., Лебедев Ф. Н., Бобылев Д. М., Дидковский Б. В., Теплоухов А. Ф. Свердловск, 1928. 114 с.

11. Федун Л. А. Будущее энергетики: вызовы и риски климатического регулирования // Энергетическая политика. 2020. № 2. С. 36–43. DOI:10.46920/2409-5516_2020_2144_36
12. Чеботарёв Г. Н. Тюменская область – «сложноустроенный» субъект Российской Федерации: история образования, современное правовое положение // Журнал конституционного правосудия. 2018. № 5. С. 34–38.
13. Шарыгин М. Д. Эволюция учения о территориальных общественных системах // Географический вестник. 2006. № 1. С. 4–13.
14. Шафранов-Куцев Г. Ф., Зборовский Г. Е. Интервью сердитого эксперта // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2016. Т. 2. № 4. С. 8–22.
15. Шелудков А. В. Постсоветская трансформация территориальной структуры сельского хозяйства Юга Тюменской области // Региональные исследования. 2017. № 4. С. 93–104.
16. Alekseev A. I., Safronov S. G. Transformation trends of Russia's rural settlement patterns in the late soviet and post-soviet periods (1970–2010) // Regional Research of Russia. 2015. Vol. 2. P. 193–201.
17. Fujita M., Mori T. Structural stability and evolution of urban systems // Regional Science and Urban Economics. 1996. Vol. 27. P. 4–5.
18. Gibbs J. The evolution of population concentration // Economic Geography. 1963. Vol. 2. P. 119–129.
19. Haaren C., Galler C. Landschaftsplanung. Grundlage nachhaltiger Landschaftsentwicklung. Hannover, 2012. 56 p.
20. Strategische Umweltprüfung und Landschaftsplanung / Haaren C., Scholles F., Ott S., Myrzik A., Wulfert K. Hannover, 2004. 165 p.

REFERENCES

1. Adaev V. N. [Stages of adaptation of the Yugan Khanty on the river Demyanka: economic development and settlement of a new territory]. In: *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of Archeology, Anthropology and Ethnography], 2013, no. 1, pp. 67–75.
2. Butorina G. Yu. [Small forms of farming in the agro-industrial complex of the Tyumen region: problems and development prospects]. In: *Agroprodovolstvennaya politika Rossii* [Agri-food policy of Russia], 2019, no. 3-4, pp. 27–31.
3. Davydenko V. A., Lazutina D. V., Romashkina G. F. [Tyumen region as a region for debugging administrative technologies]. In: *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsialno-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya* [Bulletin of Tyumen State University. Socio-economic and legal research], 2015, vol. 1, no. 3, pp. 181–191.
4. Dobryakova V. A., Dobryakov A. B. [Analysis of migration processes in the Tyumen region]. In: *Geograficheskii vestnik* [Geographical Bulletin], 2021, no. 1, pp. 42–52. DOI:10.17072/2079-7877-2021-1-42-52
5. Dobryakova V. A., Dobryakov A. B. [Modeling population change taking into account the position of municipalities in the settlement system (on the example of the Tyumen region)]. In: *Interkarto. InterGIS* [Intercarto. InterGIS], 2020, vol. 26, no. 1, pp. 215–227. DOI:10.35595/2414-9179-2020-1-26-215-227
6. Zubarevich N. V. [Decentralization Opportunities in a Pandemic Year: What Does the Budget Analysis Show?]. In: *Regionalnye issledovaniya* [Regional studies], 2021, no. 1, pp. 46–57. DOI:10.5922/1994-5280-2021-1-4
7. Kuznetsova O. V. [Cities as actors of globalization: differences between the subjects of the Federation and municipalities in Russia and Germany]. In: *Regionalnye issledovaniya* [Regional studies], 2020, no. 1, pp. 16–26. DOI:10.5922/1994-5280-2020-1-2

8. Nefedova T. G., Treivish A. I. [Polarization and compression of developed spaces in the center of Russia: trends, problems, possible solutions]. In: *Demograficheskoe obozrenie* [Demographic review], 2020, vol. 7, no. 2, pp. 31–53. DOI:10.17323/demreview.v7i2.11138
9. Petrov Yu. V. [Strategic integration of the traditional nature management of the indigenous peoples of the North and the technological economy for the sustainable development of the Surgut territorial social system]. In: *Elektronnyi nauchno-prakticheskii zhurnal "Kultura i obrazovanie"* [Electronic scientific and practical journal "Culture and Education"], 2014, no. 1. Available at: <http://vestnik-rzi.ru/> (accessed: 16.08.21).
10. Pleshkov A. M., Antonov M. P., Gridin I. N., Kolupaev A. A., Lebedev F. N., Bobylev D. M., Didkovsky B. V., Teploukhov A. F. *Spisok naselennykh punktov Uralskoi oblasti. T. XIV. Tyumenskii okrug* [List of settlements of the Ural region. Vol. XIV. Tyumen district]. Sverdlovsk, 1928. 114 p.
11. Fedun L. A. [The Future of Energy: Challenges and Risks of Climate Regulation]. In: *Energeticheskaya politika* [Energy policy], 2020, no. 2. C. 36–43. DOI:10.46920/2409-5516_2020_2144_36
12. Chebotarev G. N. [Tyumen region as a 'complex' constituent entity of the Russian Federation: history of education and modern legal status]. In: *Zhurnal konstitutsionnogo pravosudiya* [Journal of Constitutional Justice], 2018, no. 5, pp. 34–38.
13. Sharygin M. D. [Evolution of the doctrine of territorial social systems]. In: *Geograficheskii vestnik* [Geographical Bulletin], 2006, no. 1, pp. 4–13.
14. Shafranov-Kutsev G. F., Zborovsky G. E. [Angry Expert Interview]. In: *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsialno-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya* [Bulletin of Tyumen State University. Socio-economic and legal research], 2016, vol. 2, no. 4, pp. 8–22.
15. Sheludkov A. V. [Post-Soviet transformation of the territorial structure of agriculture in the South of the Tyumen region]. In: *Regionalnye issledovaniya* [Regional studies], 2017, no. 4, pp. 93–104.
16. Alekseev A. I., Safronov S. G. Transformation trends of Russia's rural settlement patterns in the late soviet and post-soviet periods (1970–2010). In: *Regional Research of Russia*, 2015, vol. 2, pp. 193–201.
17. Fujita M., Mori T. Structural stability and evolution of urban systems. In: *Regional Science and Urban Economics*, 1996, vol. 27, pp. 4–5.
18. Gibbs J. The evolution of population concentration. In: *Economic Geography*, 1963, vol. 2, pp. 119–129.
19. Haaren C., Galler C. *Landschaftsplanung. Grundlage nachhaltiger Landschaftsentwicklung*. Hannover, 2012. 56 p.
20. Haaren C., Scholles F., Ott S., Myrzik A., Wulfert K. *Strategische Umweltpruefung und Landschaftsplanung*. Hannover, 2004. 165 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Юрий Владимирович – кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования Института наук о Земле Тюменского государственного университета;

e-mail: y.v.petrov@utmn.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuriy V. Petrov – Cand. Sci. (Geography), Assoc. Prof., Department of Geoecology and Nature Management, Institute of Earth Sciences, Tyumen State University;

e-mail: y.v.petrov@utmn.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Петров Ю. В. Пространственное сочетание сельской и городской местности на юге Тюменской области: проблемы, возможные решения // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 54–75.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-54-75

FOR CITATION

Petrov Yu. V. Spatial combination of rural and urban areas in the South of Tyumen Region: problems, possible solutions. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 54–75.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-54-75

УДК 332.132; 911.3

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-76-95

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МАХАЧКАЛИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Волгин А. В.¹, Волкова И. Н.², Евдокимов М. Ю.¹, Крылов П. М.¹, Филичкина Д. А.³

¹ Московский государственный областной университет
141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация

² Институт географии Российской академии наук
119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, стр. 4, Российская Федерация

³ Московский государственный институт международных отношений (университет)
МИД Российской Федерации (МГИМО)
119454, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 76, Российская Федерация

Аннотация

Цель. Изучить проблемы и перспективы развития транспортной инфраструктуры Махачкалинской агломерации в средне- и долгосрочной перспективе.

Процедуры и методы. Изучены транспортные потоки на территории агломерации на основе статистических данных, сведений органов государственной власти и органов местного самоуправления, отражающих отдельные параметры транспортной системы Махачкалинской агломерации. В работе использовались методы: анализа, сравнительно-географический, статистический и картографический.

Результаты. Определены критерии выделения границ Махачкалинской агломерации с учётом транспортно-географического фактора. Выделены современные черты и проблемы функционирования работы транспорта во всех 4 муниципальных образованиях агломерации. Сформулированы общие и частные направления развития транспортной инфраструктуры с учётом местной, региональной и общероссийской специфик территориального планирования транспорта для отдельных муниципалитетов Махачкалинской агломерации.

Теоретическая и/или практическая значимость. Результаты работы были использованы при создании Схемы территориального планирования (СТП) Махачкалинской агломерации. В перспективе территория Махачкалинской агломерации составит более 3 тысяч км² (гораздо больше, чем её территория в 2021 г.). Центр транспортной системы агломерации сместится и будет расположен на границе Махачкалы и Каспийска. Развитие транспортной инфраструктуры будет направлено на улучшение внутренней связности территории и увеличение общей подвижности населения. Экономика региона напрямую будет зависеть от выполнения транспортных проектов федерального значения в области автомобильного и морского транспорта. Воплощение в жизнь предложенных мероприятий возможно только при создании координационных органов управления агломерацией.

Ключевые слова: Махачкалинская агломерация, Махачкалинско-Каспийская агломерация,

границы агломерации, территориальное планирование транспорта, транспортная система агломерации, Махачкала, Каспийск, Карабудахкентский район, Кумторкалинский район

Благодарности. Исследование выполнено в рамках Госзадания Института географии РАН № 0148-2019-0008 «Проблемы и перспективы территориального развития России в условиях его неравномерности и глобальной нестабильности» (НИОКТР № AAAA-A19-119022190170-1).

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR TERRITORIAL PLANNING OF TRANSPORT OF MUNICIPALITIES OF MAKHACHKALA AGGLOMERATION

A. Volgin¹, I. Volkova², M. Evdokimov¹, P. Krylov¹, D. Filichkina³

¹ *Moscow Region State University*

ul. Very Voloshinoy 24, Mytishchi 141014, Moscow region, Russian Federation

² *Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*

Staromonetnyi per. 3-29, Moscow 119017, Russian Federation

³ *MGIMO University*

posp. Vernadskogo 76, Moscow 119454, Russian Federation

Abstract

Aim. We study the problems and prospects for the development of transport infrastructure of the Makhachkala agglomeration in the medium and long term.

Methodology. Traffic flows on the territory of the agglomeration are studied on the basis of statistical data, information from state authorities and local authorities, reflecting certain parameters of the transport system of the Makhachkala agglomeration. The work relies on the following methods: analysis, comparative-geographical, statistical and cartographic.

Results. The criteria for the allocation of the boundaries of the Makhachkala agglomeration are determined, taking into account the transport and geographical factor. The modern features and problems of the functioning of transport in all four municipalities of the agglomeration are highlighted. The general and particular problems of the development of transport infrastructure for the future are discussed, taking into account the local, regional and all-Russian specifics of territorial transport planning for individual municipalities of the Makhachkala agglomeration.

Research implications. The results of the work were used to create a territorial planning scheme for the Makhachkala agglomeration. In the future, the territory of the Makhachkala agglomeration will be more than 3 thousand km² (much more than its territory in 2021). The center of the agglomeration transport system will shift and will be located on the border of Makhachkala and Kaspiysk. The development of transport infrastructure will be aimed at improving the internal connectivity of the territory and increasing the general mobility of the population. The economy of the region will directly depend on the implementation of federal transport projects in the field of road and sea transport. Implementation of the proposed measures is possible only with the creation of coordination bodies for agglomeration management.

Keywords: Makhachkala agglomeration, Makhachkala-Caspian agglomeration, agglomeration boundaries, territorial planning of transport, agglomeration transport system, Makhachkala city, Kaspiysk city, Karabudakhkent district, Kumtorkala district

Acknowledgments. The research is executed within State Task of Institute of geography of RAS No. 0148-2019-0008 “Problems and the prospects for territorial development of Russia in the conditions of its unevenness and global instability” (NIOKTR No. AAAA-A19-119022190170-1).

Введение

Принятая в российских высших управленческих сферах установка на приоритетное развитие агломераций, возглавляемых крупнейшими городами, изолированно от остального пространства страны и регионов, сетей расселения и происходящих на этих территориях демографических процессов, представляется недостаточно научно обоснованной. Она потенциально содержит значительную долю риска ускорить обезлюдение межагломерационных территорий и потерять контроль над значительными ареалами земель с превращением их в «дикое поле». Одной из задач современного территориального планирования в России является детальное географическое изучение проблем и разработка сценариев развития городских агломераций с учётом требований Градостроительного кодекса, стратегических программных и иных документов.

Изучению транспортного фактора в становлении и эволюции крупных городских агломераций посвящены труды современных экономистов, урбанистов и географов [14; 16].

В сфере пассажирских перевозок в России постепенно увеличивается роль и значение крупных агломераций [13]. Одной из таких агломераций является Махачкалинская (Махачкалинско-Каспийская), расположенная в центральной части Республики Дагестан.

Республика Дагестан является важным полигоном экономико-географических исследований, сочетая в себя разнообразие природных ландшаф-

тов и множество территориальных сочетаний антропогенных географических объектов. На территории республики выделяют Махачкалинскую агломерацию, одну из самых быстрорастущих по числу жителей в современной России. Настоящее исследование продолжает серию работ, связанных с экономико-географическим, пространственно-планировочным анализом транспортной системы Махачкалинской агломерации и её составных элементов [5; 7; 11].

Одной из задач исследования является изучение неравномерности транспортного развития муниципальных образований в составе формирующейся Махачкалинской агломерации. Рассмотрим существующие проблемы и перспективы развития территорий и муниципальных образований разного типа, входящих в состав агломерации, изучим транспортные потоки и внешние границы агломерации.

Исследование построено на анализе официальных документов и материалов, полученных ОАО «Гипрогор» в 2014–2018 гг. от органов государственной власти и местного самоуправления, а также аналитических, статистических и иных материалах, собранных авторами и сотрудниками ОАО «Гипрогор» и характеризующих различные стороны функционирования транспортной системы Махачкалинской агломерации. Результаты исследования были использованы при создании документов территориального планирования Республики Дагестан, включая Схему территориального планирования

(СТП) Махачкалинской агломерации в 2015–2016 гг., СТП Республики Дагестан (2020–2021 гг.), генеральные планы городских округов Махачкала и Каспийск (2015–2017 гг.)¹.

В работе выделены этапы предлагаемых мероприятий:

1. *I очередь* – мероприятия, реализуемые до 2025 г.;

2. *II очередь* – мероприятия, реализуемые в 2026–2035 гг.;

3. *мероприятия за расчётным сроком*, реализуемые после 2035 г.

В России почти полностью отсутствует регулярное статистическое наблюдение городских агломераций со стороны органов государственной власти и местного самоуправления (в т. ч. из-за отсутствия единого и всеми признанного, как государством, так и научной средой, перечня агломераций). Это утверждение можно отнести и к Махачкалинской агломерации [2; 3; 8; 10].

Одним из часто используемых методов изучения состава и границ городских агломераций является использование изохрон 60 и 90 мин. транспортной доступности на индивидуальном и общественном автомобильном транспорте от центров системы расселения с учётом главных критериев агломерации: концентрации населённых пунктов и населения, наличия устойчивых межпоселенческих связей, размещения производства, организации системы социально-культурного обслуживания и др. [4; 6; 12; 15].

¹ Указанные работы выполнены ОАО «Гипрогор»; раздел транспортной инфраструктуры выполнен П. М. Крыловым (генеральный план городского округа Махачкала – в составе коллектива разработчиков).

Границы, состав, структура и основные черты Махачкалинской агломерации

При определении границ Махачкалинской агломерации был применён метод, основанный на построении изохронограмм различной транспортной доступности – 30, 60 и 90 мин. – общественным транспортом. Кроме того, было проведено обследование пассажиропотоков и всех видов транспортных связей между населёнными пунктами².

В соответствии с изохронограммами транспортной доступности, построенными на основе эмпирически полученных данных, проектируемая Махачкалинская агломерация I очереди рассматривается в границах 90 мин. транспортной доступности (внешняя граница) от ядра (центра) агломерации (от железнодорожного вокзала, на общественном транспорте) (табл. 1).

Проектируемая к 2025 г. (I очередь) Махачкалинская агломерация в административных границах муниципальных образований (МО) включает: городские округа (ГО) «г. Махачкала» и «г. Каспийск», сопредельные территории Кумторкалинского и Карабудакентского муниципальных районов.

² Существует множество вариантов экономического и экономико-географического районирования территории Республики Дагестан. С позиций экономического микрорайонирования Е. Е. Лейзерович выделяет микрорайон № 253, превышающий территорию Махачкалинской агломерации в составе городов: Махачкала, Буйнакск, Кизилюрт, Хасавюрт, Каспийск, Избербаш; и районов: Кизилюртовский, Буйнакский, Сергокалинский, Каякентский, Кумторкалинский, Карабудакентский, Хасавюртовский, Бабаюртовский, Новолакский, Казбековский [9].

Таблица 1 / Table 1

Транспортная доступность от центра г. Махачкалы (общественным транспортом от железнодорожного вокзала, минимальный по времени перемещения маршрут)¹ /
Transport accessibility from the center of Makhachkala (public transport from the railway station, minimum travel time route)

№	Населённый пункт	Расстояние от Махачкалы (ж/д вокзал), км	Время в пути	Зона 60 мин. доступности	Зона 90 мин. доступности
1	г. Каспийск	16	39 мин.	+	+
2	с. Карабудахкент	44	1 ч 18 мин.	-	+
3	с. Манаскент	36	1 ч 4 мин	+	+
4	х. Малый Уйташ	24	50 мин.	+	+
5	г. Избербаш	61	1 ч 26 мин	-	+
6	с. Сергокала	79	2 ч 2 мин.	-	-
7	с. Губден	62	1 ч 38 мин.	-	-
8	п. Ачи-Су	47	1 ч 14 мин.	-	+
9	с. Зеленоморское	32	59 мин.	+	+
10	п. Талги	19	46 мин.	+	+
11	с. Агачаул	18	55 мин.	+	+
12	п. Новый-Кумух	44	1 ч 16 мин.	-	+
13	с. Кафыр-Кумух	47	1 ч 21 мин.	-	+
14	г. Буйнакск	51	1 ч 27 мин.	-	+
15	п. Шамхал	18	46 мин.	+	+
16	с. Коркмаскала	20	51 мин.	+	+
17	с. Шамхал-Термен	20	54 мин.	+	+
18	п. Тюбе	27	1 ч 3 мин.	-	+
19	с. Чапаево	14	41 мин.	+	+
20	с. Новокули	10	28 мин.	+	+
21	с. Новая Урада	40	59 мин.	+	+
22	с. Учкент	46	1 ч 4 мин.	-	+
23	с. Новый Чиркей	51	1 ч 9 мин.	-	+
24	г. Кизилюрт	71	1 ч 35 мин.	-	-
25	с. Богатыревка	32	1 ч 13 мин.	-	+
26	с. Шушия	23	42 мин.	+	+
27	п. Сулак	42	1 ч 6 мин.	-	+
28	п. Львовский №1	67	1 ч 36 мин.	-	-
29	х. Малый Уйташ	24	48 мин.	+	+
30	п. Дахадаевка	17	35 мин.	+	+

Источник: данные ОАО «Гипрогор»

¹ Крупномасштабные транспортные инвестиционные проекты, определяющие положение изо-хрон транспортной доступности, будут реализованы после 2025 г., часть – после 2035 г. Считаем возможным в И очереди использовать современные параметры транспортной доступности (2025 г.).

К 2035 г. (II очередь) она рассматривается в границах 90 мин. транспортной доступности от будущего центра агломерации – территории жилого комплекса «Каспий-Сити», формирующего крупного административно-делового центра республики (внешняя граница), с учётом развития транспортной инфраструктуры, прогнозной численности населения и расселения, а также стратегического видения развития территории агломерации¹.

Таким образом, проектируемую агломерацию II очереди предлагает-

ся рассматривать в расширенных административных границах (табл. 2). После 2035 г. в состав Махачкалинской агломерации предлагается включить территории муниципальных образований: городские округа «г. Буйнакск», «г. Кизилюрт», «г. Избербаш», восточную часть Буйнакского муниципального района, северную часть Каякентского муниципального района и южную часть Бабаюртовского муниципального района.

Проектируемая к 2035 г. агломерация должна также рассматриваться и

Таблица 2 / Table 2

Транспортная доступность общественным транспортом (кратчайший по времени путь из Махачкалы, от территории «Каспий-Сити») / Transport accessibility by public transport (the shortest way from Makhachkala, from the territory of “Caspian City”)

№	Населённый пункт	Расстояние от Махачкалы («Каспий-Сити»), км	Время в пути
1	г. Каспийск	8	18 мин.
2	с. Новокули	19	24 мин.
3	п. Талги	18	25 мин.
4	с. Зеленоморское	23	28 мин.
5	п. Дахадаевка	17	30 мин.
6	п. Манас	31	32 мин.
7	п. Шамхал	28	32 мин.
8	х. Малый Уйташ	18	32 мин.
9	с. Шушия	33	36 мин.
10	с. Чапаево	22	37 мин.
11	с. Манаскент	26	38 мин.
12	с. Коркмаскала	33	38 мин.
13	с. Агачаул	15	40 мин.
14	х. Малый Уйташ	24	44 мин.
15	с. Шамхал-Термен	33	47 мин.
16	п. Тюбе	40	50 мин.
17	с. Карабудахкент	39	50 мин.
18	с. Новая Урада	44	52 мин.
19	п. Ачи-Су	41	55 мин.
20	с. Учкент	50	56 мин.
21	г. Избербаш	55	57 мин.
22	с. Новый Чиркей	59	59 мин.
23	с. Богатыревка	35	59 мин.

Продолжение табл. 2

№	Населённый пункт	Расстояние от Махачкалы («Каспий-Сити»), км	Время в пути
Граница 60 мин. транспортной доступности			
24	п. Сулак	42	1 ч 5 мин.
25	п. Новый-Кумух	46	1 ч 8 мин.
26	с. Кафыр-Кумух	49	1 ч 10 мин.
27	с. Кака-Шура	58	1 ч 10 мин.
28	г. Буйнакск	53	1 ч 12 мин.
29	п. Львовский №1	67	1 ч 12 мин.
30	г. Кизилюрт	77	1 ч 13 мин.
31	с. Губден	56	1 ч 17 мин.
32	с. Сергокала	69	1 ч 19 мин.
33	с. Аджидада	100	1 ч 25 мин.

Источник: данные ОАО «Гипрогор»

в административных границах соответствующих муниципальных образований (муниципальных районов и городских округов).

В ещё более дальней перспективе (после 2035 г.) предлагается следующая территориально-пространственная структура агломерации (с учётом транспортной доступности автобусным транспортом):

- *Ядро* – территория в пределах 30 мин. транспортной доступности;
- *Центральная зона* – территория в пределах 60 мин. транспортной доступности;
- *Периферийная зона* – территория в пределах 90 мин. транспортной доступности;
- *Буферная зона* – территория в пределах 120 мин. транспортной доступности (за пределами границ агломерации).

Площадь территории ядра агломерации может составить 265,3 км², с прогнозной оценкой численности населения – 917,8 тыс. чел. и плотностью населения порядка 3 500 чел/км².

Площадь территории центральной зоны – 840,5 км², с проектной числен-

ностью населения – 140,8 тыс. чел. и плотностью населения – примерно 200 чел. на км².

Площадь территории периферийной зоны агломерации может составить 2 711 км², с прогнозной оценкой численности населения – 69,8 тыс. чел. и плотностью населения – примерно 26 чел. на км².

Можно выделить конкурентные преимущества, предопределяющие основные направления социально-экономического и территориального развития Махачкалинской агломерации (в т. ч. развитие её транспортной инфраструктуры):

- исключительно выгодное экономико-географическое положение с большим социально-экономическим потенциалом;
- транзитное положение Дагестана на пересечении крупных международных инфраструктурных коридоров [1];
- растущий рынок труда и сбыта, существенный потребительский спрос для потенциальных инвесторов (гарантирован высокой плотностью населения сопряжённых территорий);

– наличие демографического и трудового ресурса для развития трудоёмких производств;

– выгодное ресурсное окружение: ценные агроклиматические ресурсы (обилие тепла и света, плодородные земли равнин Дагестана), природно-рекреационные (горы, пляжи, минеральные воды, грязи), водные биологические, минеральные ресурсы (углеводороды и др.).

Исследование транспортных потоков на территории формирующейся Махачкалинской агломерации

В 2014–2015 гг. ОАО «Гипрогор» проводило исследование транспортных потоков на территории агломерации. Рассмотрим (табл. 3) структуру транспортных потоков на 5 прилега-

ющих к Махачкале точках¹ (показана суммарная величина транспортного потока и его структура за 1 ч наблюдений в рабочий день в вечерний час пик в декабре 2014 г.).

Анализ табл. 1–2 также подтверждает возможность выделения Махачкалинской агломерации на современном этапе её развития в пределах 25–30 км зоны от центра Махачкалы, т. к. на большем удалении от города величина транспортного потока существенно снижается.

Одной из важнейших целей развития транспортных систем городов и городских агломераций в средне- и долгосрочной перспективах является увеличение агломерационного радиуса транспортной доступности с нынешних 10–20 км до принятых в зарубежной практике пространственного планирования

Таблица 3 / Table 3

Структура транспортных потоков на прилегающих к г. Махачкала участках автодорог / Structure of traffic flows on the road sections adjacent to the city of Makhachkala

Тип транспортного средства	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
	Транспортный поток из Махачалы	Транспортный поток в Махачкалу	Транспортный поток из Махачалы	Транспортный поток в Махачкалу	Транспортный поток из Махачалы	Транспортный поток в Махачкалу	Транспортный поток из Махачалы	Транспортный поток в Махачкалу	Транспортный поток из Махачалы	Транспортный поток в Махачкалу
Легковые автомобили	382	281	984	996	374	336	153	125	579	607
Пассажирские автобусы	54	31	129	90	21	27	21	14	47	41
Грузовые (до 2 т)	48	42	99	111	49	58	17	15	60	49
Грузовые (свыше 2 т)	28	31	39	54	61	71	32	12	36	35
Итого (по направлению)	512	385	1251	1251	505	492	223	166	722	732
Итого (по точке)	897		2502		987		389		1454	

Источник: данные ОАО «Гипрогор»

¹ Прим.: Размещение точек вокруг города показано на рис. 1. Количество транспортных средств разного типа зафиксировано в той или иной точке за 1 ч наблюдений.



Рис. 1 / Fig. 1. Изучение транспортных потоков в зоне тяготения ядра Махачкалинской агломерации (г. Махачкала), декабрь 2014 г. / Study of traffic flows in the gravity zone of the core of the Makhachkala agglomeration (Makhachkala), December 2014

Источник: данные ОАО «Гипрогор»

40–60 км. Это принципиально значимо как с точки зрения строительства жилья разной плотности и этажности (в т. ч. малоэтажного жилья в пригородной зоне), так и размещения отдельных производительных сил, в т. ч. мест приложения труда, транспортно-логистических и рекреационных объектов.

Весной 2015 г. по заданию ОАО «Гипрогор» было проведено обследование транспортных потоков на территории формирующейся Махачкалинской агломерации (рис. 2).

Основой изучения транспортных потоков послужили 14 точек, находящихся в различных частях рассматриваемой агломерации. Для каждой из точек были изучены параметры транспортного потока автотранспортных средств. Изучение проводилось

в будние дни с 20 по 22 апреля с 17 до 18 часов. Структура транспортного потока учитывала величину потока различных типов транспортных средств (автобусы всех типов, легковые автомобили, грузовой транспорт разной вместимости, а также прочие типы транспортных средств).

Необходимость исследования объясняется недостаточностью использования метода изохрон транспортной доступности для обоснования структуры и внешних границ агломераций в России и за рубежом.

По итогам проведённого исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Махачкала является центром в транспортном отношении формирующейся Махачкалинской агломерации.

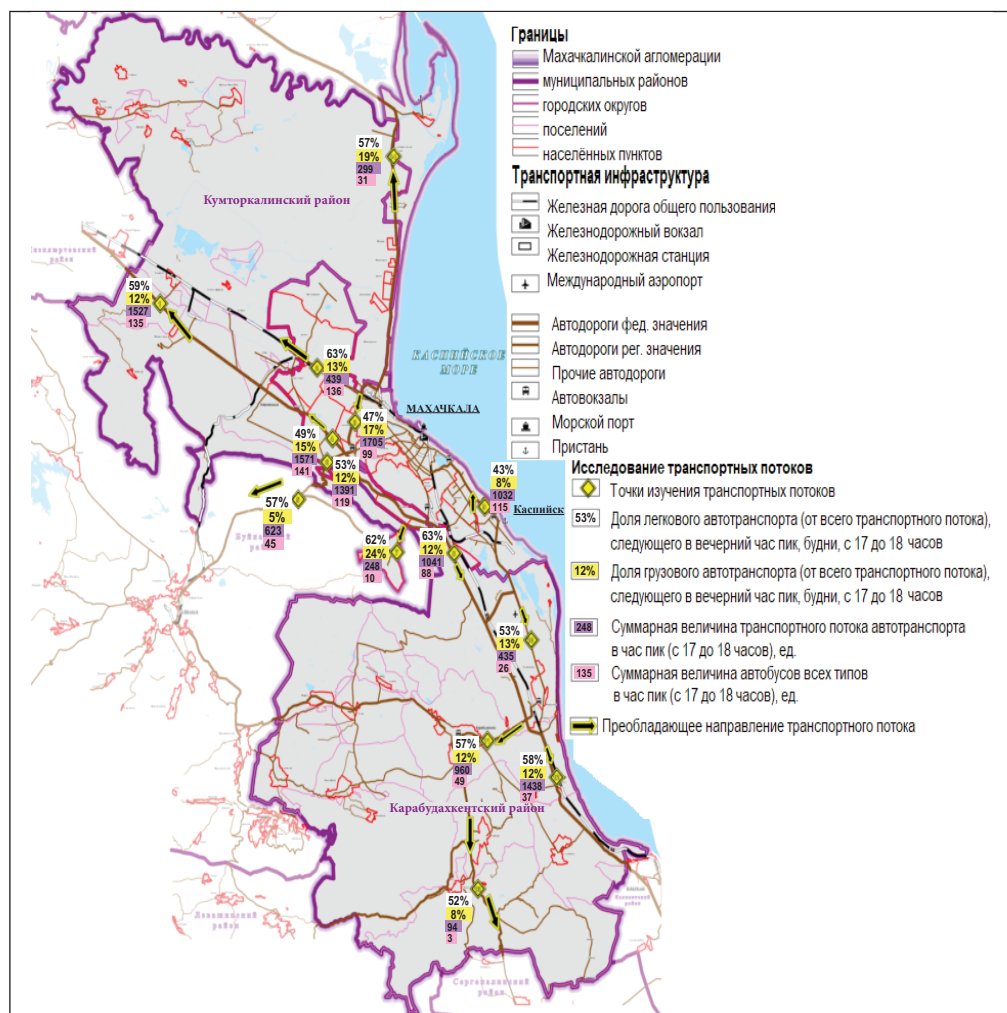


Рис. 2 / Fig. 2. Исследование транспортных потоков на территории Махачкалинской агломерации и на прилегающей территории соседних муниципальных образований (апрель 2015 г.) / Study of traffic flows on the territory of the Makhachkala agglomeration and on the adjacent territory of neighboring municipalities (April 2015)

Источник: расчёты П. М. Крылова (в соавторстве с сотрудниками ОАО «Гипрогор»¹)

В вечерний час пик почти все транспортные потоки сконцентрированы из Махачкалы, т. е. мы наблюдаем ярко выраженную маятниковую миграцию населения (люди возвращаются домой из Махачкалы, где размещены основные рабочие места на рассма-

триваемой территории). Исключение – г. Каспийск: поток транспорта из Каспия в Махачкалу превышает поток в обратном направлении (из Махачкалы в Каспийск);

2. наиболее интенсивные транспортные связи наблюдаются между

¹ Прим.: Натурные наблюдения проводились студентами Дагестанского государственного технического университета под руководством П. М. Крылова.

Каспийском и Махачкалой (из всех возможных пар населённых пунктов на рассматриваемой территории) – более 1 500 единиц транспорта в обе стороны в вечерний час пик;

3. периферийные территории Карабудахкентского, Кумторкалинского районов, а также север г. о. Махачкала почти не включены в процессы агломерирования. То есть указанные территории лишь формально входят в территорию формирующейся агломерации. Транспортные связи рассматриваемых периферийных территорий почти не связаны с ядром агломерации – г. Махачкала;

4. территория Буйнакского района имеет тесные транспортные связи с рассматриваемой территорией Махачкалинской агломерации. Связи между Буйнакском и восточной частью Буйнакского района – с одной стороны – и г. о. Махачкала – с другой – можно назвать как постоянные и интенсивные. Перспективное развитие Махачкалинской агломерации возможно вместе с территорией г. Буйнакска и Буйнакского района.

Проблемы современного состояния и развития транспортной системы г. о. Махачкала

В состав транспортного комплекса городского округа входят автомобильный, железнодорожный, морской, воздушный, трубопроводный. Речной транспорт общего пользования в пределах городского округа отсутствует. Махачкала – крупнейший по площади и населению населённый пункт городского округа и всей Республики Дагестан.

Внешние транспортные связи территории городского округа представ-

лены автомобильным, железнодорожным и авиационным транспортом. В черте города расположены 3 автостанции, обслуживающие почти всю территорию Дагестана, а также частично территории прилегающих регионов РФ (Ставропольского края, Чеченской Республики и др.), а также Азербайджанской Республики¹.

Все 3 автостанции расположены на окраинах Махачкалы (южной, юго-западной, северо-западной), что существенно усложняет транзит пассажиров через территорию города. Помимо этого, железнодорожный вокзал Махачкалы, расположенный в центре города, также существенно удалён от всех 3 городских автостанций. При этом уровень транспортного обслуживания населения общественным транспортом находится на высоком уровне. Так, только 0,03% населения г. о. Махачкала не имеют регулярного автобусного сообщения с административным центром городского округа.

В настоящее время можно выделить несколько значимых транспортных проблем городского округа:

- проблема оптимизации дорожного движения в Махачкале и разгрузки основных магистралей и улиц;
- проблема эффективной работы общественного транспорта;
- необходимость переноса торговых центров, рынков и других объектов, ухудшающих транспортную доступность в городе;
- нерациональное распределение транспортных потоков (избыток транспортных средств на одних улицах

¹ Прим.: Рассматривается период до введения ограничительных санитарно-эпидемиологических мер весной 2020 г.

при наличии неиспользованной пропускной способности других);

- проблема уплотнительной застройки, создающей избыточную транспортную нагрузку на отдельных участках автодорог;

- низкая культура вождения и обеспечения безопасности на дорогах, как со стороны водителей, так и со стороны пешеходов.

Транспортная освоенность территории г. о. Махачкала существенно различается. Наибольшей транспортной освоенностью характеризуется центральная часть г. Махачкала. В то же время слабоосвоенные территории северной части округа (например, п. Сулак и его окрестности) практически лишены путей сообщения и общественного транспорта.

В целом территория округа имеет удовлетворительный уровень транспортного обслуживания населения. Основная часть городского округа обслуживается автобусным и троллейбусным транспортом общего пользования. Перевозки в черте города выполняются преимущественно автобусами малой вместимости, что приводит к образованию заторов на дорогах и увеличивает выбросы выхлопных газов в окружающую среду (доля автобусов на газомоторном топливе незначительна). Веломоторный и гужевой виды транспорта в пределах рассматриваемой территории не играют значимой роли в пассажироперевозках. В пределах городского округа всё ещё нет велодорожек. Создание определённых условий для велосипедистов (велодорожки, велопарковки, пункты аренды) в парках и скверах г. Махачкалы, возможно, приведёт к популяризации велосипедного движения, но лишь как

средства отдыха и физической культуры. Каналы и водные объекты (озёра) в черте городского округа не выполняют транспортных функций.

Железнодорожный транспорт в пределах городского округа не имеет значения ни для пассажирских, ни для грузовых перевозок. В 2014–2017 гг. пригородные железнодорожные перевозки в пределах городского округа были полностью прекращены. Однако и до июня 2014 г., и после 2017 г. роль пригородного железнодорожного сообщения в пассажироперевозках была минимальной (менее 1% объёма пассажироперевозок). Объём перевозок составлял две пары пригородных поездов в направлении г. Хасавюрта (северо-западное направление) и г. Дербента (южное направление).

Перспективы развития транспортной системы г. о. Махачкала

Центральное положение городского округа предусматривает наличие дополнительной транспортной инфраструктуры, связанной с прибытием маятниковых мигрантов на территорию г. о. Махачкала. Также необходимо отметить устойчиво возрастающий транзитный поток через его территорию по направлению «Север–Юг» и в обратную сторону.

С целью обеспечения агломерационных функций городского округа предусмотрены следующие мероприятия:

- усиление технических характеристик магистральной улично-дорожной сети г. о., включая проспекты и улицы Акушинского, Петра I, Сулейман-Стальского, Гагарина (Энгельса, А. Алиева);

- создание дополнительного количества вылетных магистральных улиц

на периферийной части городского округа (преимущественно в северо-западной его части);

- развитие пригородного железнодорожного сообщения (участок Шамхал – Махачкала – Каспийск – аэропорт «Уйташ»);

- создание сети перехватывающих парковок около транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) и конечных остановок скоростных автобусов;

- предлагаемые мероприятия по сдерживанию автомобилизации населения (включая платную парковку в центральной части г. о. во II очередь генерального плана);

- сокращение времени перемещения (поездки) между населёнными пунктами в черте формируемой агломерации от 5% до 20% за счёт создания условий для приоритетности общественного транспорта над индивидуальным;

- вынос на периферию г. о. и за его пределы планируемых объектов транспортно-логистической инфраструктуры (в т. ч. в п. Шамхал, Каспийск, Карабудахкентский и Кумторкалинский район), включая формирующиеся крупные транспортно-логистические центры в п. Шамхал и на прилегающей к аэропорту «Уйташ» территории.

Проблемы современного развития транспортной сети Карабудахкентского и Кумторкалинского муниципальных районов и г. о. Каспийск в составе формирующейся Махачкалинской агломерации

На территории 3 муниципальных образований (МО) – Карабудахкентского и Кумторкалинского муниципальных районов и г. о. Каспийск – в настоящее время функционируют все основные виды транспорта общего пользования:

автомобильный, железнодорожный, трубопроводный, морской.

К положительным чертам транспортной сети всех этих МО можно отнести:

1. наличие нескольких действующих видов транспорта (автомобильный, железнодорожный, трубопроводный, морской, воздушный (только для внешних связей));

2. разветвлённая сеть автодорог, в т. ч. с твёрдым покрытием;

3. транспортная сеть всех МО обеспечивает выгодное транспортно-географическое положение района, его близость к морским портам, другим крупным городам республики, в т. ч. к г. Махачкала.

К отрицательным чертам транспортной сети этих МО можно отнести:

1. недостаточный уровень газификации населённых пунктов;

2. слабое использование железнодорожного транспорта, в т. ч. для целей перевозки пассажиров;

3. низкое качество покрытия многих автодорог общего пользования, особенно низших технических категорий;

4. недостаточная связность отдельных населённых пунктов дорожной сетью в пределах границ района.

В связи с ростом благосостояния жителей этих 3 МО в перспективе будет увеличиваться транспортная подвижность. В первую очередь, это произойдет за счёт дальнейшего увеличения парка личного автотранспорта, в меньшей степени – за счёт увеличения межрайонных и внутрирайонных транспортных потоков с использованием общественного транспорта.

Дорожная сеть 3 МО представлена дорогами федерального, межмуниципального и местного значений. По границе района проходит участок фе-

деральной автодороги Р-217 «Кавказ» автомобильная дорога М4 «Дон»: Владикавказ – Грозный – Махачкала – граница с Азербайджаном.

На рассматриваемой территории представлен следующий участок железных дорог общего пользования: Кизляр – Махачкала – Дербент (пассажирское и грузовое движение). Зона влияния железнодорожных центров и узлов на развитие 3 муниципальных образований минимальна и заключается в небольших по объёму грузоперевозках на имеющемся участке железной дороги.

На территории Карабудахкентского района расположен аэропорт «Уйташ» – единственный аэропорт Дагестана, входящий в 50 крупнейших по пассажирообороту аэропортов России.

Перспективы развития транспортной инфраструктуры Карабудахкентского и Кумторкалинского муниципального районов и г. о. Каспийск в составе формирующейся Махачкалинской агломерации

Можно выделить несколько важнейших перспективных проектов в области развития транспортной инфраструктуры рассматриваемых территорий.

I (к 2025 г.) и II (к 2035 г.) очереди:

1. капитальная реконструкция ФАД «Кавказ», «Астрахань – Махачкала»;
2. дальнейшее развитие межмуниципального участка троллейбусной линии (Махачкала – Каспийск);
3. реконструкция и расширение порта Махачкала; создание и развитие федеральной особой портной экономической зоны (порт Махачкала);
4. создание международного транспортно-логистического центра «Каспий» (в Карабудахкентском районе, рядом с аэропортом «Уйташ»);

5. капитальная реконструкция автодороги Каспийск – Манас;

6. капитальная реконструкция автодороги Манас – Сергокала – Первомайское;

7. капитальная реконструкция и новое строительство автодорог в Махачкале (в границах населённого пункта);

8. создание причалов для приёма круизных судов (в Махачкале);

9. комплексная реконструкция и расширение аэропорта «Уйташ» (вплоть до аэропорта-хаба регионального уровня);

10. создание сети торгово-сервисных центров для большегрузного транспорта (Махачкала, Каспийск);

11. создание сети вертолётных площадок во всех муниципальных образованиях агломерации.

Мероприятия за расчётным сроком (после 2035 г.):

1. перенос участка железной дороги в Махачкале (строительство тоннеля при ликвидации участка в южной части города (около 2,5 км);

2. строительство обходного участка железной дороги (западнее горы Тарки-Тау) от Шамхала до Каспийска;

3. строительство участка железной дороги общего пользования до аэропорта «Уйташ» (с дальнейшим продлением до имеющегося участка железной дороги в районе п. Манас);

4. строительство сети крупных ТПУ (транспортно-пересадочных узлов), в т. ч. на основе имеющихся автостанций (в Махачкале, Шамхале, Каспийске, Манаскенте, Карабудахкенте);

5. расширение пригородного железнодорожного сообщения на участке Шамхал – Махачкала – Каспийск (с учётом расширения границ агломераций);

6. организация пригородного морского сообщения на участке Сулак – Махачкала – Каспийск – Избербаш;

7. строительство канатной дороги на гору Тарки-Тау;

8. выделение новой площадки под аэропорт (и аэродром) в районе п. Сулак;

9. выделение площадки для перспективного развития морского порта Махачкала в районе пос. Сулак.

Рассмотрим текущие и перспективные значения показателей протяжённости улиц, проездов, набережных, а также общее протяжение освещённых частей улиц, проездов, набережных всех 4 входящих в состав Махачкалинской агломерации муниципальных образований (табл. 4). К 2035 г. протяжённость улиц, проездов, набережных муниципальных образований существенно увеличится: общая протяжённость – на 23%, протяжённость освещённых улиц – на 104%.

Заключение

Развитие транспортной инфраструктуры формирующейся Махачкалинской агломерации решает множество задач по устойчивому социально-экономическому развитию крупнейшей по значению части Республики Дагестан. Важнейшей задачей, по нашему мнению, станет формирование Махачкалинской агломерации как транспортного узла и транспортно-логистического центра всего Дагестана (создание новых консолидированных транспортно-логистических центров) с использованием на ограниченной территории уникального сочетания морского, автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта.

Выделим основные направления развития транспортной инфраструктуры Махачкалинской агломерации:

1. приоритетное развитие транспортной инфраструктуры городов и городских округов Махачкала и

Таблица 4 / Table 4

Текущие и перспективные значения показателей транспортной инфраструктуры муниципальных образований в составе Махачкалинской агломерации II очереди / Current and prospective values of transport infrastructure indicators of municipalities in the Makhachkala agglomeration of the II stage

Муниципальное образование	Общая протяжённость улиц, проездов, набережных (на конец года), км		Общее протяжение освещённых частей улиц, проездов, набережных	
	2011	2035	2011	2035
г. о. Махачкала	799,0	1025,0	407,0	915,0
г. о. Каспийск	170,3	185,5	77,3	163,0
Карабудахкентский муниципальный район	390,0	435,0	157,0	289,0
Кумторкалинский муниципальный район	92,0	137,0	74,0	89,0
Итого	1451,3	1782,5	715,3	1456,0

Источник: данные Росстата, расчёты ОАО «Гипрогор»

Каспийск как ядра формирующейся агломерации, включая дальнейшее развитие межмуниципального электротранспорта¹;

2. создание и эксплуатация более эффективной транспортной сети (как по начертанию, так и по технико-экономическим параметрам и охвату территории), в т. ч. усиление отдельных участков автомобильных дорог, создание (резервирование) территорий по перспективные транспортные объекты (транспортные развязки, эстакады и т. п.);

3. устранение «узких мест» на автомобильных дорогах общего пользования (особенно в зоне хаотичной застройки территории г. о. Махачкала и Каспийск);

4. улучшение управляемости транспортной системы агломерации (создании интеллектуальной транспортной системы управления транспортными потоками в агломерации);

5. ликвидация транзитных транспортных потоков, отделение местных, пригородных и транзитных транспортных потоков (автомобильного транспорта);

6. эффективное использование пригородного железнодорожного сообщения (в т. ч. повышение интенсивности пригородного железнодорожного сообщения, ввод в эксплуатацию новых пассажирских платформ (в черте Махачкалы и Каспийска);

7. улучшение обслуживания пассажиров, сокращение времени на маятниковую миграцию, а также на

перевозки с социально-культурными целями (создание транспортно-пересадочных узлов, приоритетное развитие общественного транспорта в сочетании с подавлением роста автомобилизации населения, особенно для жителей Махачкалы и Каспийска);

8. рациональное использование морской акватории Каспийского моря (создание и эксплуатация в весенне-летний сезон пассажирских линий (в первую очередь между населёнными пунктами: Сулак, Махачкала, Каспийск, Избербаш);

9. реализация мероприятий по снижению негативного воздействия транспортного процесса с позиций безопасности дорожного движения (снижения числа и тяжести ДТП в условиях продолжающегося роста автомобилизации населения Республики Дагестан);

10. улучшение экологичности транспортных процессов (дополнительное стимулирование водителей транспортных средств к переходу на газомоторное топливо), а также на бензин стандартов евро-5, евро-6 и евро-7 к 2030 г.;

11. развитие транспортной инфраструктуры для целей туризма и рекреации (создание парковочных мест рядом с основными туристическими объектами, строительство новых кемпингов в местах массового отдыха и туризма), строительство канатной дороги в черте г. о. Махачкала.

Статья поступила в редакцию 25.07.2021.

¹ Межмуниципальные троллейбусные маршруты, открытые в 2017 г. в центральной части Махачкалинской агломерации, соединяют Махачкалу и Каспийск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алилов А. Н. Влияние автомобилизации на социально-экономическое развитие Дагестана (1901–1965 гг.). Махачкала: Наука плюс, 2008. 216 с.
2. Герцберг Д. Я. Агломерации как объект экономической политики, государственного регулирования и территориального планирования // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 4. С. 98–106.
3. Загороднов Е. И. Планирование территорий и агломераций // Современное строительство и архитектура. 2016. № 1 (01). С. 13–16.
4. Ижгузина Н. Р. Формирование и развитие крупнейшей городской агломерации в экономическом пространстве региона: дис. ... канд. эконом. наук. Екатеринбург, 2018. 323 с.
5. Крылов П. М. Махачкалинская агломерация на южных рубежах России (геополитические и транспортно-географические аспекты) // Многовекторность в развитии регионов России: ресурсы, стратегии и новые тренды / отв. ред. В. Н. Стрелецкий. Иркутск, 2017. С. 228–235.
6. Крылов П. М. Методологические подходы к территориальному планированию городских агломераций (на примере Омской агломерации) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 1. С. 69–76.
7. Крылов П. М. Транспортно-географические основы обоснования перспективных внешних границ городской агломерации (на примере Махачкалинской агломерации) // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: мат-лы конференции. Екатеринбург, 2016. С. 138–141.
8. Лапко Г., Полян П., Селиванова Т. Агломерации России в XXI веке // Вестник Фонда регионального развития Иркутской области. 2007. № 1. С. 46–48.
9. Лейзерович Е. Е. Сетка экономических микрорайонов России. Вариант 2008 года // Региональные исследования. 2010. № 4 (30). С. 14–28.
10. Магомедов М. А. Социально-демографические проблемы развития Махачкалинско-Каспийской агломерации // Вопросы структуризации экономики. 2013. № 4. С. 8–12.
11. Проблемы и перспективы территориального планирования формирующихся агломераций (на примере концепции развития Махачкалинской агломерации) / П. М. Крылов, М. Митигами, И. А. Сёмина, В. П. Сидоров, Д. А. Филичкина // Географическая среда и живые системы. 2021. № 1. С. 70–92.
12. Токунова Г. Ф. Транспортная инфраструктура как фактор пространственного развития агломераций // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 6 (67). С. 43–45.
13. Требушкова И. Е., Полякова Н. О. Географический анализ государственной политики на железнодорожном транспорте России // Географическая среда и живые системы. 2021. № 1. С. 110–130.
14. Glaeser E., Kourtit K., Nijkamp P. Urban Empires: Cities as Global Rulers in the New Urban World (The Metropolis and Modern Life). New York: Routledge, 2020. 444 p.
15. Agglomeration Effect as a Tool of Regional Development / P. A. Lavrinenkova, A. A. Romashina, T. N. Mikhailova, P. A. Chistyakov // Studiers on Russian Economic Development. 2019. Vol. 30. № 3. P. 268–274.
16. Massard N., Autant-Bernard C. Geography of Innovation: New Trends and Implication for Public Policy Renewal. New York: Routledge, 2018, 116 p.

REFERENCES

1. Alilov A. N. *Vliyanie avtomobilizatsii na sotsialno-ekonomicheskoe razvitie Dagestana (1901–1965 gg.)* [The influence of motorization on the socio-economic development of Dagestan (1901–1965)]. Makhachkala, Nauka plyus Publ., 2008. 216 p.
2. Gertsberg D. Ya. [Agglomerations as an object of economic policy, state regulation and territorial planning]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction], 2015, no. 4, pp. 98–106.
3. Zagorodnov E. I. [Territory and agglomeration planning]. In: *Sovremennoe stroitelstvo i arkhitektura* [Modern construction and architecture], 2016, no. 1 (01), pp. 13–16.
4. Izhguzina N. R. *Formirovanie i razvitie krupneishei gorodskoi aglomeratsii v ekonomicheskoy prostranstve regiona: dis. ... kand. ekonom. nauk* [Formation and development of the largest urban agglomeration in the economic space of the region: Cand. Sci. thesis in Economic sciences]. Ekaterinburg, 2018. 323 p.
5. Krylov P. M. [Makhachkala agglomeration on the southern borders of Russia (geopolitical and transport-geographical aspects)]. In: Streletsky V. N., ed. *Mnogovektornost v razvitiy regionov Rossii: resursy, strategii i novye trendy* [Multi-vector in the development of Russian regions: resources, strategies and new trends]. Irkutsk, 2017, pp. 228–235.
6. Krylov P. M. [Methodological approaches to spatial planning of urban agglomerations (on the example of Omsk agglomeration)]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences], 2017, no. 1, pp. 69–76.
7. Krylov P. M. [Transport and geographical bases of substantiation of the promising external boundaries of the urban agglomeration (on the example of the Makhachkala agglomeration)]. In: *Sotsialno-ekonomicheskie problemy razvitiya i funktsionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya: mat-ly konferentsii* [Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence: proceedings of the conference]. Ekaterinburg, 2016, pp. 138–141.
8. Lappo G., Polyan P., Selivanova T. [Agglomeration of Russia in the XXI century]. In: *Vestnik Fonda regionalnogo razvitiya Irkutskoi oblasti* [Bulletin of the Fund for Regional Development of the Irkutsk Region], 2007, no. 1, pp. 46–48.
9. Leizerovich E. E. [The grid of economic microdistricts in Russia. 2008 version]. In: *Regionalnye issledovaniya* [Regional studies], 2010, no. 4 (30), pp. 14–28.
10. Magomedov M. A. [Socio-demographic problems of the development of the Makhachkala-Caspian agglomeration]. In: *Voprosy strukturizatsii ekonomiki* [Issues of structuring the economy], 2013, no. 4, pp. 8–12.
11. Krylov P. M., Mitigami M., Semina I. A., Sidorov V. P., Filichkina D. A. [Problems and prospects for territorial planning of emerging agglomerations (on the example of the concept of development of the Makhachkala agglomeration)]. In: *Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy* [Geographic environment and living systems], 2021, no. 1, pp. 70–92.
12. Tokunova G. F. [Transport infrastructure as a factor in the spatial development of agglomerations]. In: *Transport Rossiiskoi Federatsii* [Transport of the Russian Federation], 2016, no. 6 (67), pp. 43–45.
13. Trebushkova I. E., Polyakova N. O. [Geographic analysis of state policy on railway transport in Russia]. In: *Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy* [Geographic environment and living systems], 2021, no. 1, pp. 110–130.
14. Glaeser E., Kourtit K., Nijkamp P. *Urban Empires: Cities as Global Rulers in the New Urban World (The Metropolis and Modern Life)*. New York, Routledge, 2020. 444 p.

15. Lavrinenkova P. A., Romashina A. A., Mikhailova T. N., Chistyakov P. A. Agglomeration Effect as a Tool of Regional Development. In: *Studies on Russian Economic Development*, 2019, vol. 30, no. 3, pp. 268–274.
16. Massard N., Autant-Bernard C. *Geography of Innovation: New Trends and Implication for Public Policy Renewal*. New York, Routledge, 2018, 116 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волгин Александр Владимирович – кандидат географических наук, профессор, профессор кафедры социально-экономической и физической географии факультета естественных наук Московского государственного областного университета;
e-mail: volgin38@list.ru

Волкова Ирина Николаевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН;
e-mail: volin511@yandex.ru

Евдокимов Михаил Юрьевич – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры социально-экономической и физической географии факультета естественных наук Московского государственного областного университета;
e-mail: 89107207477@mail.ru

Крылов Петр Михайлович – кандидат географических наук, доцент, доцент, и. о. заведующего кафедрой социально-экономической и физической географии факультета естественных наук Московского государственного областного университета, главный специалист по транспорту ОАО Российского института градостроительства и инвестиционного развития «Гипрогор» (мастерская территориального проектирования № 1 имени Л. И. Гозмана);
e-mail: pmkrylov@yandex.ru

Филичкина Диана Александровна – студент факультета управления и политики Московского государственного института международных отношений (университета) МИД Российской Федерации (МГИМО);
e-mail: dorinis.fil@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexandr V. Volgin – Cand. Sci. (Geography), Prof., Department of Socio-Economic and Physical Geography, Faculty of Natural Sciences, Moscow Region State University;
e-mail: volgin38@list.ru

Irina N. Volkova – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Department of Socio-Economic Geography, Institute of Geography of the RAS;
e-mail: volin511@yandex.ru

Mikhail Yu. Evdokimov – Cand. Sci. (Geography), Assoc. Prof., Department of Socio-Economic and Physical Geography, Faculty of Natural Sciences, Moscow Region State University;
e-mail: 89107207477@mail.ru

Petr M. Krylov – Cand. Sci. (Geography), Assoc. Prof., Acting Head of the Department of Socio-Economic and Physical Geography, Faculty of Natural Sciences, Moscow Region State University, Chief Transport Specialist, JSC Russian Institute of Urban Planning and Investment Development “GIPROGOR” (Workshop of Territorial Design no. 1 named after L. I. Gozman); e-mail: pmkrylov@yandex.ru

Diana A. Filichkina – student, Faculty of Management and Politics, MGIMO University; e-mail: dorinis.fil@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Проблемы и перспективы территориального планирования транспорта муниципальных образований Махачкалинской агломерации / А. В. Волгин, И. Н. Волкова, М. Ю. Евдокимов, П. М. Крылов, Д. А. Филичкина // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 76–95.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-76-95

FOR CITATION

Volgin A. V., Volkova I. N., Evdokimov M. Yu., Krylov P. M., Filichkina D. A. Problems and prospects for territorial planning of transport of municipalities of Makhachkala agglomeration. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 76–95.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-76-95

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

УДК 504.064.2.001.18

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-96-109

ТЕОРИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЭКОЛОГО-МЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ

Базарский О. В., Кочетова Ж. Ю.

*Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54а, Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Разработать универсальную модель на основе теории детерминированного хаоса для описания развития эколого-медицинской системы (ЭМС).

Процедура и методы. Описание ЭМС с применением теории детерминированного хаоса предполагает уже существующую математическую модель Фейгенбаума «оснастить» измеряемыми экологическими и медицинскими величинами, которые имеют статистический смысл. В эколого-медицинской системе действуют как случайные факторы, связанные с неопределённостью уровня загрязнения окружающей среды, так и детерминированные, связанные с упорядоченной деятельностью человека. Необходимо выявить случайную составляющую – закон распределения уровня загрязнения окружающей среды по концентрациям загрязняющих веществ – и соотнести её с детерминированной составляющей (предельно допустимой концентрацией), обеспечивающей безопасный уровень определённости. Модифицированная для эколого-медицинской системы модель Фейгенбаума позволяет оценить текущую неустойчивость ЭМС при известном уровне эколого-медицинской энтропии, а также сделать прогноз её развития в течение 100 лет при изменении техногенной нагрузки.

Результаты. Для описания ЭМС введены новые понятия эколого-медицинской энтропии и эколого-медицинского риска. В зависимости от уровня деградации окружающей среды выделены 3 фундаментальных периода развития ЭМС: динамический режим с детерминированными связями энтропии и устойчивости эколого-медицинской системы; переходный режим с 2 последующими кризисами (бифуркациями); хаотический режим с быстро повторяющимися кризисами, но с существованием окна возможностей зарождения новой

популяции. Сделано ранжирование состояний эколого-медицинской системы по рангам деградации окружающей среды и неустойчивости ЭМС (от абсолютно устойчивого состояния $R=0$ до абсолютно хаотичного $R=1$). Приведены примеры изменения устойчивости ЭМС при различных уровнях техногенной нагрузки на окружающую среду. Показано, что при уровне эколого-медицинской энтропии $S \leq 1,1$ и уровне её неустойчивости $R \leq 0,1$ система находится в ранге нормы и с течением времени самовосстанавливается; при $1,1 < S \leq 2,7$ система находится в режиме динамического увеличения её неустойчивости от $R=0,28$ до $R=0,63$. Здесь заканчивается «горизонт прогноза» и наступают переходный и хаотический режимы.

Теоретическая и/или практическая значимость. Построенная нелинейная циклическая модель ЭМС позволяет прогнозировать её сложное поведение в течение длительного времени. Так как эколого-медицинская система проявляет как детерминированные, так и случайные свойства, то проанализирован переход ЭМС от детерминированного к хаотическому. Практическая значимость заключается в установлении порогов неустойчивости ЭМС. Результаты исследования могут быть применены к любой стране и региону, для которых известны или рассчитаны входные параметры модели.

Ключевые слова: экологические системы, экологический риск, энтропия, модель Фейгенбаума, критерий устойчивости Ляпунова

THE THEORY OF DETERMINISTIC CHAOS FOR THE DESCRIPTION OF THE ECOLOGICAL AND MEDICAL SYSTEM

O. Bazarsky, Zh. Kochetova

*N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy
Starykh Bolshevikov ul. 54a, Voronezh 394064, Russian Federation*

Abstract

Aim. We develop a universal model based on the theory of deterministic chaos to describe the development of the ecological and medical system (EMS).

Methodology. The description of EMS using the theory of deterministic chaos assumes the already existing Feigenbaum mathematical model to be “equipped” with measurable environmental and medical values that have statistical meaning. In the environmental medical system, there are both random factors associated with the uncertainty of the level of pollution of the environment, and deterministic ones associated with ordered human activity. It is necessary to identify the random component – the law of distribution of the level of environmental pollution by concentrations of pollutants – and correlate it with the deterministic component (maximum permissible concentration), which provides a safe level of certainty. The Feigenbaum model modified for the environmental-medical system allows one to assess the current instability of EMS at a known level of environmental-medical entropy, as well as make a prediction of its development over 100 years with a change in technological load.

Results. To describe EMS, new concepts of environmental-medical entropy and environmental-medical risk have been introduced. Depending on the level of environmental degradation, three fundamental periods of EMS development are identified: dynamic mode with deterministic connections of entropy and stability of the environmental-medical system; a transitional regime with two subsequent crises (bifurcations); AND a chaotic regime with rapidly recurring crises, but with the existence of a window of opportunity for the emergence of a new population.

Ranking of states of ecological-medical system according to ranks of environmental degradation and instability of EMS (from absolutely stable state $R=0$ to absolutely chaotic $R=1$) is made. Examples of EMS stability change at different levels of man-made environmental load are presented. It is shown that at the level of ecological-medical entropy $S \leq 1,1$ and the level of its instability $R \leq 0,1$ the system is in the rank of normal and self-recovers over time; at $1.1 < S \leq 2.7$ the system is in the mode of dynamic increase of its instability from $R=0.28$ to $R=0.63$. Here ends the 'forecast horizon' and transitional and chaotic regimes come.

Research implications. The constructed nonlinear cyclic model of EMS allows predicting its complex behavior for a long time. Since the ecological-medical system exhibits both deterministic and random properties, the transition of EMS from deterministic to chaotic is analyzed. The practical significance lies in the establishment of thresholds for the EMS instability. At $R \leq 0.63$, due to environmental and medical measures, it is still possible to stabilize EMS. At $R \leq 0,1$, EMS can spontaneously recover to the background level of absolute stability of the system $R=0$. The results of the study can be applied to any country and region for which the input parameters of the model are known or calculated.

Keywords: ecological systems, ecological risk, entropy, Feigenbaum model, Lyapunov stability criterion

Введение

В настоящее время нет ни одной модели, в которой присутствуют одновременно детерминированные и хаотические режимы. Аппарат теории детерминированного хаоса связывает эти режимы в таких разных науках, как физика, астрономия, информатика, химическая кинетика, биология, биофизика, метеорология, экология, медицина и др. [1; 3]. Особенно перспективно применение теории детерминированного хаоса в экологии, являющейся синтезом многих наук, где в различных сочетаниях присутствуют оба этих режима. Впервые сложное поведение сравнительно простой динамической системы отметил Э. Н. Лоренц, изучая тепловую конвекцию атмосферы [13]. Нерегулярные колебания в модели Лоренца получили название динамического или детерминированного хаоса. Они возникают в системах, описываемых обыкновенными динамическими уравнениями, решение которых однозначно определяется начальными условиями.

Широкое распространение получила вероятностная термодинамическая интерпретация сложных биологических систем, далёких от равновесия [8; 14; 16]. Надо отметить, что правильность такого подхода подвергается и сомнениям, т. к. некоторые исследователи считают неприемлемым использование чисто вероятностного подхода к описанию сложных биологических систем [12; 18]. Но, несмотря на споры и критику, растёт число исследований, в которых проблемы развития отдельных видов и популяций поднимаются до уровня термодинамического описания экологических систем, что ставит новые задачи, определяет значительные изменения в характере самой проблемы [9; 15].

Мы разделяем сомнения по поводу необоснованного переноса чисто статистических моделей на биологические системы по следующим причинам. Классическая термодинамика хорошо описывает случайные физико-химические процессы, подчиняющиеся распределениям Максвелла и Больцмана.

Неравновесная термодинамика, развитая в работах И. Пригожина [8], описывает более сложные открытые иерархические процессы с изменяющейся энтропией, например, реакция Белоусова-Жаботинского [2]. Качественный переход к биологическим системам характеризуется возникновением устойчивых обратных связей, посредством которых система сохраняет свой гомеостаз в течение длительного времени циклически, черпая энергию из окружающей среды и сбрасывая в неё продукты своей жизнедеятельности. Благодаря возникновению памяти биологическая система управляет своей жизнедеятельностью, уменьшая свою энтропию за счёт деградации окружающей среды.

Любая экологическая система – это сложный комплекс взаимодействия человека (человеческого сообщества) с окружающей средой, в т. ч. и в эколого-медицинской системе. Здесь уровень загрязнения окружающей среды – случайная составляющая, а предельно допустимая концентрация – детерминированная. Их отношение – число состояний системы, определяющее степень присущего ей беспорядка, которое является квазидетерминированной величиной.

Процесс развития экологических систем очень сложен: на начальных этапах случайность в них мала, а по мере деградации их статистические свойства усиливаются. Где же лежит граница между регулярной, но сложно организованной структурой (порядком) и беспорядком? Под беспорядком в таких системах подразумевается проявление качественно нового режима – хаоса. Критерием появления хаоса может служить устойчивость воз-

никающих в системе образований по отношению к малым возмущениям. Если такая устойчивость отсутствует, детерминированное описание теряет смысл и необходимо использовать статистические методы. И здесь возникает новая проблема: из-за сложного поведения экологических систем в течение длительного времени, когда они проявляют как детерминированные, так и случайные свойства, чисто динамические и чисто статистические её модели оказываются непригодными [11; 19].

Цель исследовательской работы – построение единой модели на основе теории детерминированного хаоса для описания развития эколого-медицинской системы как в детерминированном, так и в хаотичном состоянии.

Математическая модель для описания эколого-медицинской системы

Под эколого-медицинской системой (ЭМС) будем понимать совокупность абиотических и биотических составляющих, образующих исследуемую территорию. Абиотическая составляющая за время наблюдения изменяется медленно, и основные экологические изменения связаны с деятельностью человека. За короткое (по историческим меркам) время наблюдения за состоянием ЭМС можно считать эту систему замкнутой, когда внешними воздействиями можно пренебречь. В этой системе действуют как детерминированные факторы, воздействия которых можно описать динамическими закономерностями, так и случайные, описываемые статистическими закономерностями.

Поскольку ЭМС включает в себя биотическую составляющую, то её

модель должна удовлетворять следующим требованиям:

1. она должна быть циклической, где конечные характеристики предыдущего цикла являются начальными для следующего. Длительное существование живых организмов возможно только в циклическом процессе. В процессе каждого цикла жизнедеятельности в организме происходит накопление энтропии, которая затем сбрасывается в окружающую среду, неизбежно деградируя её [17];

2. модель ЭМС должна быть нелинейной, т. к. энтропия со временем накапливается в организме вследствие того, что системы выведения вредных веществ перестают справляться с их утилизацией.

В качестве математической модели ЭМС предлагается модифицированная модель Фейгенбаума, состоящая в том, что сценарий перехода к хаосу через бесконечный каскад бифуркаций удвоения периода универсален для большого класса динамических систем [4; 10]:

$$x_i = k(x_n - x_n^2), \quad (1)$$

где:

x_n – состояние системы на n -ном цикле итераций;

k – управляющий параметр, который принадлежит интервалу $[0, 4]$, а интервал значений x_n лежит в интервале $[0, 1]$.

Эта математическая циклическая нелинейная модель демонстрирует достаточно сложное поведение при изменении внешнего управляющего параметра. При малых k модель характеризует детерминированное состояние ЭМС, а при определённых

значениях k возникают бифуркации и переход к хаотическому состоянию системы. Но и в этом её состоянии существуют окна устойчивости. Для придания эколого-медицинского смысла этой математической модели необходимо адекватно описать её параметры k и x_n .

Степень хаотичности термодинамической системы характеризуется её энтропией [7]:

$$dS = \delta Q/T, \quad (2)$$

где:

dS – приращение энтропии системы;

δQ – приведённое количество энергии, определяющее приращение хаотичности системы при некотором начальном уровне хаоса, определяемом температурой T .

Аналогом величины δQ в ЭМС может быть приращение эколого-медицинского риска ΔR :

$$\Delta R = P\delta Z, \quad (3)$$

где:

$P = m/N$ – вероятность экологически обусловленных заболеваний населения или уровень опасности, присущий ЭМС;

m – число людей, которые приобрели экологически обусловленные заболевания из обследованного количества людей N ;

δZ – приращение экологического ущерба в процессе жизнедеятельности человека.

Экологический ущерб будем определять по классическому суммарному показателю загрязнения (СПЗ) [5]:

$$Z = \sum_{i=1}^n -(n-1), \quad (4)$$

где:

$K_i = C_i / \text{ПДК}_i > 1$ – коэффициент концентрации i -того загрязняющего вещества, определяемого отношением его концентрации C_i к предельно допустимой концентрации ПДК_i этого вещества;

n – число загрязняющих веществ, концентрация которых больше ПДК. Если все $K_i = 1$, то $Z = 1$.

Когда уровни всех загрязняющих веществ меньше ПДК и системы их выведения предотвращают накопление загрязняющих веществ в организме человека, состояние ЭМС считается экологически безопасным. В этом случае $P=0$ и $\Delta R=0$.

Аналогом величины T в ЭМС является уровень её загрязнения Z – ущерб. Тогда приращение энтропии ЭМС описывается следующим выражением:

$$dS = \frac{P \delta Z}{Z} \quad (5)$$

Полное приращение энтропии ЭМС:

$$\Delta S = P \int_{Z_1}^{Z_2} \frac{\Delta Z}{Z} dZ = P \ln \frac{Z_2}{Z_1}. \quad (6)$$

Удобно отсчитывать энтропию от первоначального состояния, когда $Z_1 = 1$. Тогда

$$\Delta S = P \ln Z = \frac{m}{N} \ln [\sum_{i=1}^n K_i - (n-1)], \quad (7)$$

где: Z – уровень загрязнения ЭМС на момент её исследования.

То есть уровень приращения энтропии ЭМС определяется как медицинской опасностью её состояния, так и логарифмом числа её состояний. Основных путей поступления загрязняющих веществ в организм человека три: через воздух, воду и пищу. Поскольку энтропия – аддитивная ве-

личина, то общее приращение энтропии ЭМС:

$$\Delta S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^3 P_i \ln Z_i. \quad (8)$$

Отметим, что для использования формулы (8) необходимо показать идентичность законов распределения экологического риска для этих сред.

Устойчивость ЭМС при изменении эколого-медицинского риска можно охарактеризовать показателем Ляпунова, который в динамической системе с непрерывным временем определяет степень отдаления (или сближения) различных, но близких траекторий динамической системы на бесконечности [6]:

$$\lambda = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{1}{N} \ln \left| \frac{df R_n}{\alpha R_n} \right|, \quad (9)$$

где: N – количество итераций (лет).

Если $\lambda > 0$, – хаотичный режим. При $0 \leq \lambda \leq 3,57$ ЭМС находится в устойчивом состоянии. При $\lambda > 3,57$ – неустойчивый режим с окнами стабильности.

С учётом введенных понятий энтропии и эколого-медицинского риска модель устойчивости ЭМС выглядит следующим образом:

$$R_{n+1} = S(R_n - R_n^2). \quad (10)$$

В качестве текущего периода существования ЭМС примем 1 год $n=1$. Области определения энтропии и экологического риска определяются моделью Фейгенбаума ограниченного возрастания параметров ($S \in [0, 4]$, $R \in [0, 1]$). $R=0$ – абсолютно устойчивое фоновое состояние ЭМС, $R=1$ – абсолютно неустойчивое хаотическое состояние ЭМС.

Режимы развития эколого-медицинской системы

Для пролонгирования развития ЭМС на длительное время её существования необходимо оценить начальный экологический риск R_0 . Начальный экологический риск территории определяется по формуле (3) пу-

тём измерения суммарного показателя загрязнения антропогенно нагруженной территории и данных медицинской статистики. В качестве примера величина R_0 принята равной 0,1, что соответствует рангу экологической нормы при уровне энтропии территории, равной 1 (рис. 5).

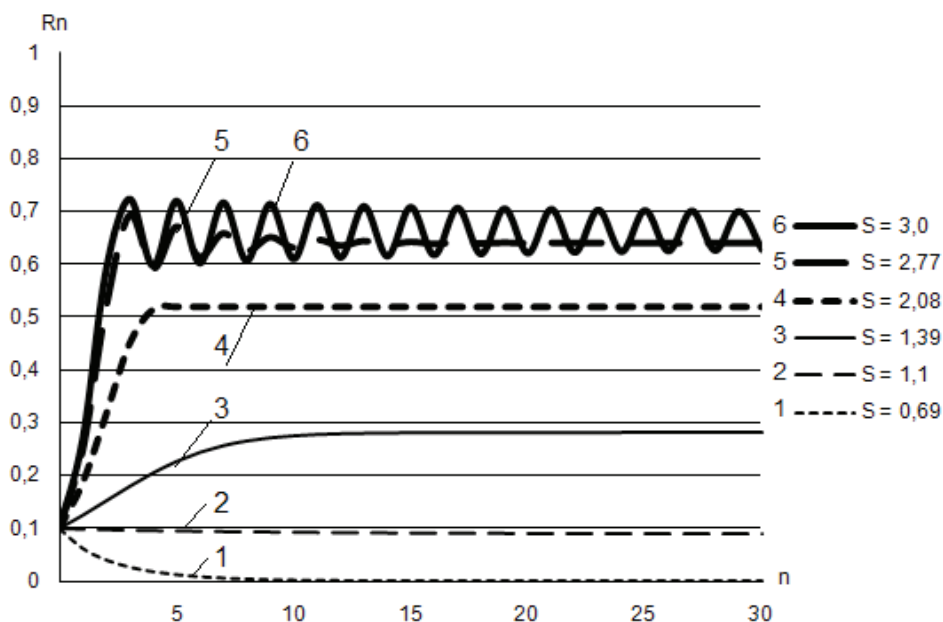


Рис. 1 / Fig. 1. Прогнозируемое развитие эколого-медицинской системы в динамическом режиме / Predicted development of the ecological and medical system in dynamic mode

Источник: составлено авторами

Авторами разработана программа в оболочке Microsoft Excel для вычисления циклического экологического риска по формуле (10) для 100 циклов ЭМС при любых значениях R_0 и S из области их существования.

На рис. 1 показано прогнозируемое развитие эколого-медицинской системы в динамическом режиме – увеличение эколого-медицинского риска за период в 30 лет, где энтропия входит как параметр.

В случае низкого уровня загрязнения окружающей среды $S \leq 0,69$. При прекращении техногенного воздействия человека ЭМС в течение 10 лет самопроизвольно возвращается в исходное фоновое состояние при $Z=1$ с нулевым экологическим риском (рис. 1, линия 1). При $0,69 \leq S \leq 1,1$ наблюдается динамическое равновесие ЭМС с сохранением её начального уровня (рис. 1, линия 2). При $1,1 < S \leq 1,39$ наблюдается медленное возрастание экологического риска с по-

следующей стабилизацией (рис. 1, линия 3). При $1,39 < S \leq 2,08$ – быстрое возрастание экологически-медицинского риска до уровня 0,52 в течение 4 лет с последующей стабилизацией уровня деградации ЭМС (рис. 1, линия 4). При $2,08 < S \leq 2,77$ экологический риск очень быстро, в течение 2 лет возрастает до уровня 0,69 и, медленно осциллируя, стабилизируется на уровне 0,63 (рис. 1, линия 5). При $2,77 < S \leq 3$ возникают его медленно затухающие осцилляции за счёт первой бифуркации, но экологический риск не превышает 0,7, а популяция ещё может существовать, используя медицинские мероприятия (рис. 1, линия 6).

При бифуркации возможны 2 исхода: ухудшение или улучшение состояния ЭМС. Бифуркация – это неустойчивое состояние ЭМС или кризис. Тот или иной выход из этого состояния

определяется общественным договором или согласием общества.

Отметим, что эколого-медицинский риск, равный 0,1, достигается при уровне энтропии $S=1,1$, числе итераций $n \geq 30$, что соответствует реальному времени интенсивного загрязнения окружающей среды Земли. Это состояние равновесного эколого-медицинского риска (рис. 1), когда возможно самовозвращение ЭМС к фоновым значениям, если не увеличивать далее загрязнение окружающей среды.

При $S=3,43$ возникает вторая бифуркация с различными возможными исходами, и дальнейшее развитие ЭМС проблематично, т. е. уровень энтропии $S=3,57$ определяет предсказуемый горизонт событий. При $3 < S \leq 3,57$ наблюдается переходный режим ЭМС, где существование популяции находится под угрозой вырождения (рис. 2, линии 7, 8).

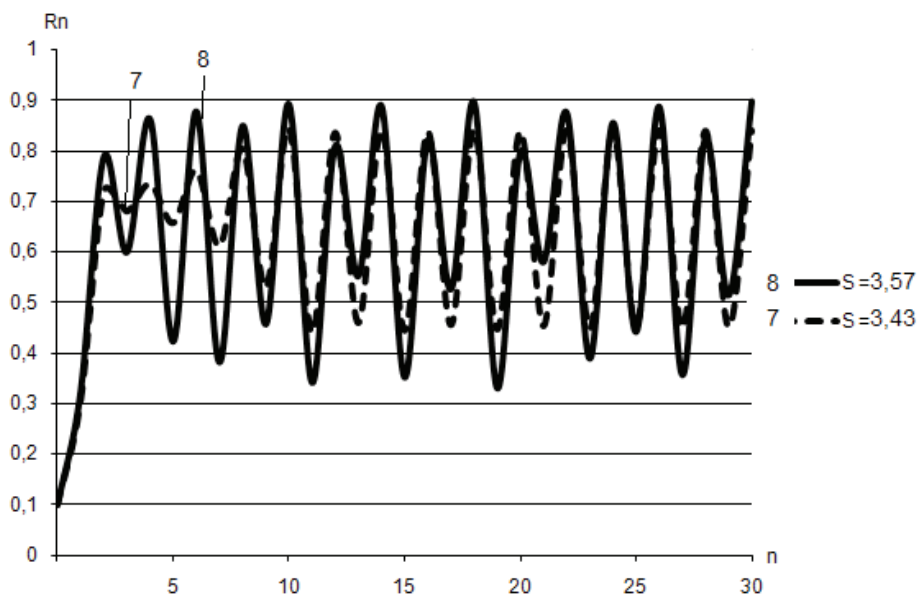


Рис. 2 / Fig. 2. Прогнозируемое развитие эколого-медицинской системы в переходном режиме / Predicted development of the ecological and medical system in the transition mode

Источник: составлено авторами

Состояние ЭМС при $S > 3,57$ характеризуется очень высоким уровнем загрязнения и преобладающим влиянием на заболеваемость населения экологически обусловленных болезней. Здесь

периоды очень высокого экологического риска чередуются с его минимальными значениями (рис. 3, линии 9, 10), т. е. возникает неустойчивый хаотический режим существования ЭМС.

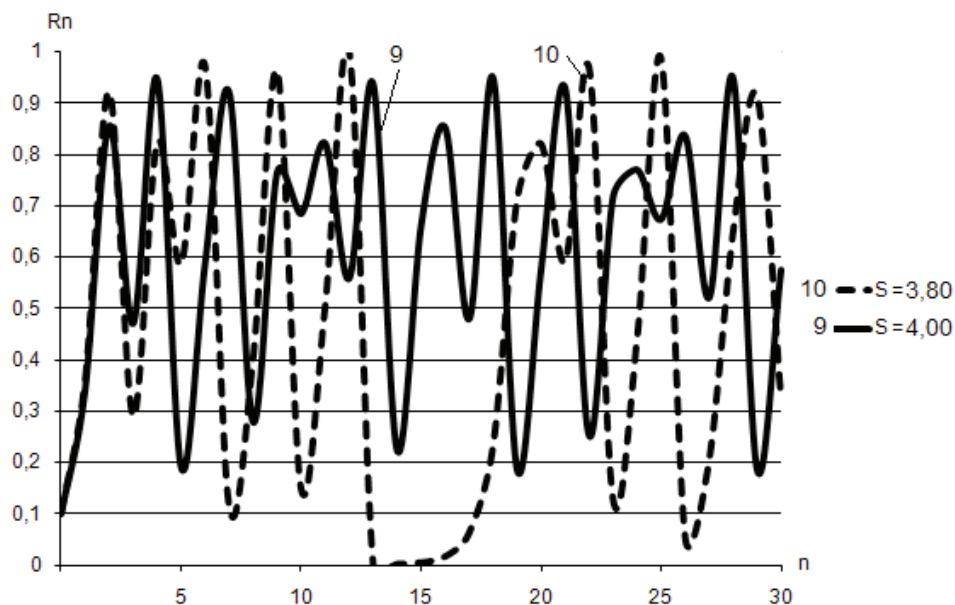


Рис. 3 / Fig. 3. Прогнозируемое развитие эколого-медицинской системы в хаотическом режиме / Predicted development of the ecological and medical system in the chaotic mode

Источник: составлено авторами

Если уровень загрязнения абиотической среды $Z=96$, то для $S=3,57$ получаем среднюю вероятность экологически обусловленных заболеваний, равную 0,76. Ориентировочно, это значит, что при 16 различных загрязняющих веществах, коэффициенты концентрации которых не менее 6, вероятность экологически обусловленных заболеваний не менее 0,76.

При $3,57 < S \leq 4$ старая популяция погибает. Но в хаотическом поведении ЭМС существует окно стабильности, когда генетически изменённая часть старой популяции породит новую.

Модель развития эколого-медицинской системы

На рис. 4 приведена модель для оценки состояния ЭМС в зависимости от её текущей энтропии. Разветвления номограммы при $S \sim 1$ и 2,9 определяются различным числом итераций $10 \leq n \leq 30$, принятых в расчёте. При $S < 2,8$ ЭМС существует в динамическом режиме, когда эколого-медицинский риск однозначно определяется её энтропией ($n \geq 30$). Первая бифуркация (кризис) возникает при $S=2,8$, а далее возникает переходный режим и вторая бифуркация, когда развитие ЭМС может также идти как с повышением эколого-меди-

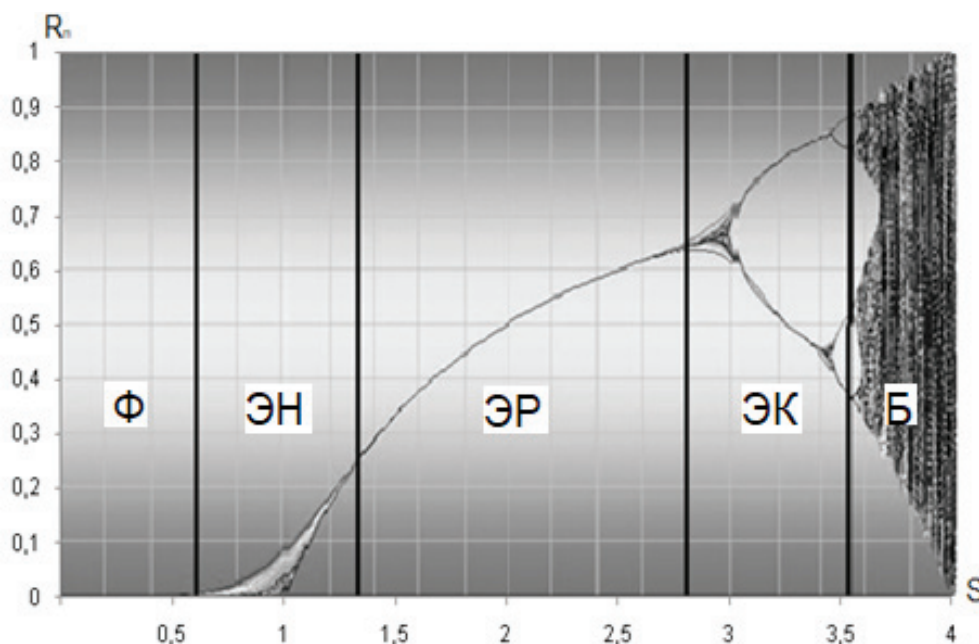


Рис. 4 / Fig. 4. Модель для оценки состояния ЭМС в зависимости от её энтропии. Ф – фоновое состояние эколого-медицинской системы, ЭН – экологическая норма, ЭР – экологический риск, ЭК – экологический кризис, Б – бедствие / Nomogram for assessing the state of EMS as a function of its entropy. Ф – background state of the ecological and medical system, ЭН – environmental standards, ЭР – environmental risk, ЭК – ecological crisis, Б – disaster

Источник: составлено авторами

цинского риска, так и с понижением. $S=2,8$ определяет горизонт предсказуемого развития ЭМС.

Из рисунка следует, что первая бифуркация возникает при $S \geq 2,8$, эколого-медицинский риск достигает уровня 0,63. При $S=3,45$ возникает вторая бифуркация с различными возможными исходами. При $S > 3,57$ – хаотическое развитие ЭМС, когда периоды очень высокого экологического риска чередуются с его минимальными значениями, но существует окно возможности зарождения новой популяции.

Выводы

1. Введены новые понятия: эколого-медицинский риск и эколого-медицинская энтропия. С их использованием

математическая модель Фейгенбаума переходит от динамического состояния системы к хаотическому. Для этого модель «оснащена» измеряемыми экологическими и медицинскими величинами. Приведено ранжирование состояний ЭМС по уровням её деградации и неустойчивости.

2. В зависимости от уровня деградации окружающей среды (её энтропии) в модели выделены 3 фундаментальных периода:

- динамический режим развития ЭМС с детерминированными связями энтропии и устойчивости ЭМС;
- переходный режим с 2-мя последующими кризисами (бифуркациями);
- хаотический режим с быстро повторяющимися кризисами, но с су-

ществованием окна возможностей зарождения новой популяции.

3. Детальные интервальные оценки, основанные на схеме: доза (загрязнение ЭМС) → среднестатистический порог (ПДК) → отклик ЭМС с учётом индивидуальных особенностей человека, позволяют выделить 5 рангов состояния ЭМС (рис. 4):

- фоновое состояние ЭМС, когда энтропия $S \leq 0,69$, а экологический риск $R=0$ (динамический режим с одним состоянием ЭМС);

- экологическая норма: $0,69 \leq S < 1,33$; $0 < R \leq 0,22$, при этом техногенное воздействие по каждому загрязняющему веществу не превышает предельно допустимого (динамический режим с малым числом близких состояний);

- экологический риск: $1,33 \leq S < 2,8$; $0,22 \leq R < 0,63$, при этом уровень техногенного воздействия превышает предельно допустимый, но системы выведения загрязняющих веществ среднестатистического человека справляются с этой нагрузкой. ЭМС находится в устойчивом динамическом равновесии, при этом число её состояний существенно увеличивается и она может принимать одно из нескольких возможных состояний (вероятностный режим с возможностью статистического прогноза);

- экологический кризис: $2,8 \leq S \leq 3,52$; $0,63 \leq R \leq 0,88$, при этом наблюдается переходный режим из устойчивого динамического состояния в неустойчивое хаотическое за счёт 2 бифуркаций, когда система в каждом цикле случайным образом выбирает путь своего развития. Здесь ещё возможна стабилизация ЭМС за счёт общественного договора, но с высоким экологическим риском;

- бедствие: $S > 3,52$; $R > 0,88$ – множественные бифуркации, при этом система находится в состоянии абсолютно-го хаоса, однако при $S > 3,77$ существует окно, в котором возможны выживание приспособившейся части старой популяции и рождение новой.

4. Развитая модель позволяет на базе данных, полученных опытным путём, оценить текущий уровень деградации и устойчивости ЭМС, сделать прогноз её развития. Оценены пороги состояния ЭМС, при которых она либо самовосстанавливается, либо сохраняет своё динамическое состояние, либо переходит в хаотическое состояние. То есть развитая модель позволяет прогнозировать и управлять состоянием территориальных ЭМС, что весьма актуально и для России, и на глобальном уровне.

Также существуют, по крайней мере, 3 причины актуальности исследований в области медицинской экологии и поведения общества в условиях потенциального кумулятивного роста случаев приобретённых заболеваний: 1) стремительное старение населения России и всех развитых стран подчёркивает необходимость прогнозов заболеваемости в преклонном возрасте, т. к. «пожилое» общество более уязвимо к техногенным воздействиям и в большей степени нуждается в медицинских услугах; 2) намечающийся мировой энергетический переход 2020–2030-х гг. даже в развитых странах может сопровождаться массовыми непродуманными решениями в управлении экологическим риском; 3) в разных регионах РФ входные параметры модели будут существенно отличаться, и построенная модель может стать основой для

оценки эколого-медицинского риска в каждом из них для предупреждения неблагоприятных социально-экономических явлений.

5. Наша цивилизация в целом пока ещё находится на уровне экологической нормы, когда число состояний ЭМС мало, и закон распределения этой экологической величины квазидетерминированный. Здесь при определённых усилиях человеческого со-

общества можно восстановить ЭМС до фонового уровня. Но природа возможного развития ЭМС показывает, что при резком повышении техногенной нагрузки энтропия в течение нескольких десятков лет может достичь уровня экологического риска и приблизиться к уровню необратимого экологического кризиса.

Статья поступила в редакцию 06.07.2021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базарский О. В., Кочетова Ж. Ю. Энтропия абиотических геосфер и модель для оценки и прогноза их состояния // Биосфера. 2021. Т. 13. № 1-2. С. 9–14.
2. Белоусов Б. П. Периодически действующая реакция и ее механизм. Автоволновые процессы в системах с диффузией. Горький: Институт прикладной физики АН СССР, 1981. 287 с.
3. Дмитриев А. Хаос, фракталы и информация // Наука и жизнь. 2001. № 5. С. 41–55.
4. Компьютеры и нелинейные явления: Информатика и современное естествознание / под ред. А. А. Самарского. М.: Наука, 1988. 192 с.
5. Кочетова Ж. Ю., Базарский О. В., Маслова Н. В. Сравнительный анализ интегральных показателей загрязнения почвогрунтов урбанизированных территорий приоритетными контаминантами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 1 (125). С. 28–37.
6. Купцов П. В. Вычисление показателей Ляпунова для распределенных систем: преимущества и недостатки различных численных методов // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2010. Т. 18. Вып. 5. С. 93–111.
7. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.
8. Пригожин И. Время, структура и флуктуации // Успехи физических наук. 1980. Т. 131. № 2. С. 185–207.
9. Розенберг Г. С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер // Самарская Лука: Проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 2. С. 4–25.
10. Трубецков Д. И. Турбулентность и детерминированный хаос // Соровский образовательный журнал. Физика. 1998. № 1. С. 77–83.
11. Aoki I. Entropy principle for the evolution of living systems and the universe from bacteria to the universe // Journal of the Physical Society of Japa. 2018. Vol. 8. № 1. P. 1–8.
12. Kay J. J., Schneider E. D. Embracing complexity – The challenge of the ecosystem approach // Perspectives on Ecological Integrity. 1995. Vol. 5. P. 49–59.
13. Lorenz E. N. Deterministic nonperiodic flow // Journal of the Atmospheric Sciences. 1963. Vol. 20. P. 130–141.
14. Martyushev L. M. Minimal time, Weibull distribution and maximum entropy production principle: Comment on «Redundancy principle and the role of extreme statistics in molecular and cellular biology» // Physics of Life Reviews. 2019. Vol. 28. P. 83–84.
15. Principles of Ecology Revisited: Integrating Information and Ecological Theories for a More

- Unified Science / M. I. O'Connor, M. W. Pennell, F. Altermatt, B. Matthews, C. J. Meli6n, A. Gonzalez // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. P. 219.
16. Schneider E. D., Kay J. J. Complexity and thermodynamics. Towards a new ecology // *Futures*. 1994. Vol. 26. P. 626–647.
17. Schrodinger E. What is life? Dublin, 1943. 32 p.
18. Skene K. R. Life's a gas: A thermodynamic theory of biological evolution // *Entropy*. 2015. Vol. 17. P. 5522–5548.
19. Skene K. R. Thermodynamics, ecology and evolutionary biology: A bridge over troubled water or common ground? // *Acta Oecologica*. 2017. Vol. 85. P. 116–125.

REFERENCES

1. Bazarsky O. V., Kochetova Zh. Yu. [Entropy of abiotic geospheres and a model for estimating and predicting their state]. In: *Biosfera* [Biosphere], 2021, vol. 13, no. 1-2, pp. 9–14.
2. Belousov B. P. *Periodicheski deistvuyushchaya reaktsiya i ee mekhanizm. Avtovolnovye processy v sistemah s diffuziei* [Periodically acting reaction and its mechanism. Autowave processes in systems with diffusion]. Grekhovoi. Gorky, Institut prikladnoi fiziki AN SSSR Publ., 1981. 287 p.
3. Dmitriev A. [Chaos, fractals and information]. In: *Nauka i zhizn* [Science and Life], 2001, no. 5, pp. 41–45.
4. Samarsky A. A., ed. *Kompyutery i nelineinye yavleniya: Informatika i sovremennoe estestvoznaniye* [Computers and nonlinear phenomena: computer Science and modern natural science]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 192 p.
5. Kochetova Zh. Yu., Bazarsky O. V., Maslova N. V. [Comparative analysis of integral indicators of soil contamination of urbanized territories by priority contaminants]. In: *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kuzbass State Technical University], 2018, no. 1 (125), pp. 28–37.
6. Kupcov P. V. [Calculating Lyapunov exponents for distributed systems: advantages and disadvantages of various numerical methods]. In: *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Prikladnaya nelineinaya dinamika* [News of higher educational institutions. Applied nonlinear dynamics], 2010, vol. 18, no. 5, pp. 93–111.
7. Nikolis G., Prigozhin I. *Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemah. Ot dissipativnykh struktur k uporyadochennosti cherez fluktuatsii* [Self-organization in non-equilibrium systems. From dissipative structures to ordering through fluctuations]. Moscow, Mir Publ., 1979, 512 p.
8. Prigozhin I. [Time, structure, and fluctuations]. In: *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics Uspekhi], 1980, vol. 131, no. 2, pp. 185–207.
9. Rozenberg G. S. [Information index and diversity: Boltzmann, Kotelnikov, Shannon, Weaver]. In: *Samarskaya Luka: Problemy regionalnoj i globalnoj ekologii* [Samara Luka: Problems of regional and global ecology], 2010, vol. 19, no. 2, pp. 4–25.
10. Trubeckov D. I. [Turbulence and deterministic chaos]. In: *Sorovskij obrazovatelnyj zhurnal. Fizika* [Sorovsky educational magazine. Physics], 1998, no. 1, pp. 77–83.
11. Aoki I. Entropy principle for the evolution of living systems and the universe from bacteria to the universe. In: *Journal of the Physical Society of Japa*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 1–8.
12. Kay J. J., Schneider E. D. Embracing complexity – The challenge of the ecosystem approach. In: *Perspectives on Ecological Integrity*, 1995, vol. 5, pp. 49–59.
13. Lorenz E. N. Deterministic nonperiodic flow. In: *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1963, vol. 20, pp. 130–141.
14. Martyushev L. M. Minimal time, Weibull distribution and maximum entropy production principle: Comment on «Redundancy principle and the role of extreme statistics in molecu-

- lar and cellular biology». In: *Physics of Life Reviews*, 2019, vol. 28, pp. 83–84.
15. O'Connor M. I., Pennell M. W., Altermatt F., Matthews B., Melián C. J., Gonzalez A. Principles of Ecology Revisited: Integrating Information and Ecological Theories for a More Unified Science. In: *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2019, vol. 7, p. 219.
16. Schneider E. D., Kay J. J. Complexity and thermodynamics. Towards a new ecology. In: *Futures*, 1994, vol. 26, pp. 626–647.
17. Schrodinger E. What is life? Dublin, 1943. 32 p.
18. Skene K. R. Life's a gas: A thermodynamic theory of biological evolution. In: *Entropy*, 2015, vol. 17, pp. 5522–5548.
19. Skene K. R. Thermodynamics, ecology and evolutionary biology: A bridge over troubled water or common ground? In: *Acta Oecologica*, 2017, vol. 85, pp. 116–125.
-

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Базарский Олег Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и химии Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина;
e-mail: z_vaiu@mail.ru

Кочетова Жанна Юрьевна – доктор географических наук, доцент кафедры физики и химии Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина;
e-mail: zk_vva@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleg V. Bazarsky – Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Prof., Department of Physics and Chemistry, N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy.
e-mail: z_vaiu@mail.ru

Zhanna Yu. Kochetova – Dr. Sci. (Geography), Assoc. Prof., Department of Physics and Chemistry, N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy;
e-mail: zk_vva@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Базарский О. В., Кочетова Ж. Ю. Теория детерминированного хаоса для описания эколого-медицинской системы // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 96–109.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-96-109

FOR CITATION

Bazarsky O. V., Kochetova Zh. Yu. The theory of deterministic chaos for the description of the ecological and medical system. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 96–109.
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-96-109



ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ / GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT AND LIVING SYSTEMS

Рецензируемые научные журналы издаются Московским государственным областным университетом с 1998 г. В настоящее время выпускается десять журналов: «Географическая среда и живые системы / Geographical Environment and Living Systems» и девять серий журнала "Вестник Московского государственного областного университета": «История и политические науки», «Экономика», «Юриспруденция», «Философские науки», «Русская филология», «Физика-математика», «Лингвистика», «Психологические науки», «Педагогика». Журналы включены в составленный Высшей аттестационной комиссией Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук по наукам, соответствующим названию серии. Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Печатная версия журнала зарегистрирована в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Полнотекстовая версия журнала доступна в Интернете на платформе Научных электронных библиотек (www.elibrary.ru, cyberleninka.ru), а также на сайте журнала (www.vestnik-mgou.ru).

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ / GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT AND LIVING SYSTEMS

2021. № 3

Над номером работали:

Литературный редактор С. Ю. Полякова
Переводчик И. А. Улиткин
Корректор А. А. Глазунова
Компьютерная вёрстка – А. В. Тетерин

Адрес редакции:
105005, г. Москва, ул. Радио, д.10А, стр. 1, каб. 98
тел. +7 (495) 780-09-42 (доб. 6101)
e-mail: info@vestnik-mgou.ru
сайт: www.vestnik-mgou.ru

Формат 70x108/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Minion Pro».
Тираж 500 экз. Уч.-изд. л. 6,75, усл. п.л. 7.
Подписано в печать: 29.10.2021. Выход в свет: 10.11.2021. Заказ № 2021/10-10.
Отпечатано в МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, 10А