



# ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2021 Том 29 № 1

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1

<http://journals.rudn.ru/ecology>

Научный журнал

Издается с 1993 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-611176 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

## Главный редактор

*Редина Маргарита Михайловна* – доктор экономических наук, заведующая кафедрой прикладной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

## Члены редакционной коллегии

*Агнесси Валерио* – директор Итало-Российского института экологических исследований и образования Университета Палермо, Палермо, Италия

*Ван Жэньцин* – профессор, исполнительный директор постоянного комитета экологической ассоциации КНР, заведующий лабораторией экологии и биоразнообразия Института биологии Шаньдунского университета, Цзинань, Китай

*Гатто Леонардо* – профессор Университета Палермо, Палермо, Италия

*Зоренко Татьяна Анатольевна* – кандидат биологических наук, профессор биологического факультета Латвийского университета, Рига, Латвия

*Калабин Геннадий Александрович* – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

*Никольский Александр Александрович* – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

*Седов Сергей Николаевич* – профессор Института геологии Национального автономного университета Мексики, Мехико, Мексика

*Хаустов Александр Петрович* – доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

*Хуторской Михаил Давыдович* – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, Москва, Россия

*Чен Хи* – заместитель директора Хунаньского центра по борьбе с болезнями и профилактике, Пекин, Китай

## **ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**ISSN 2313-2310 (Print); ISSN 2408-8919 (Online)**

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский.

Индексация: РИНЦ, ВАК, EBSCOhost, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View, Cyberleninka, Dimensions.

### **Цели и тематика**

Целями журнала «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности» являются повышение эффективности научных исследований в области охраны окружающей среды и экологии человека, а также распространение современных методов исследований и новейших достижений в области рационального природопользования.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ по научным специальностям 03.02.00 Общая биология, 05.26.00 Безопасность деятельности человека, 25.00.00 Науки о Земле.

Начиная с 1993 г. в журнале публикуются результаты фундаментальных и прикладных работ ученых, преподавателей, аспирантов в виде научных статей, научных сообщений, библиографических обзоров по следующим направлениям: общая экология, природопользование, устойчивое развитие, экологическая безопасность, защита окружающей среды, экология человека, экологическая экспертиза, радиоэкология и радиационный контроль, оценка состояния окружающей среды и экологическое образование.

В журнале могут публиковаться результаты оригинальных научных исследований представителей высших учебных заведений и научных центров России и зарубежных стран в виде научных статей, научных сообщений по тематике, соответствующей направлениям журнала.

**Основные рубрики журнала:** экология, безопасность деятельности человека, защита окружающей среды, экология человека, биогеохимия, геоэкология, биологические ресурсы, проблемы экологического образования.

Кроме научных статей публикуется хроника научной жизни, включающая рецензии, обзоры, информацию о конференциях, научных проектах и т. д. Для привлечения к научным исследованиям и повышения качества квалификационных работ журнал предоставляет возможность публикации статей, написанных по материалам лучших магистерских работ.

Правила оформления статей, архив и дополнительная информация размещены на сайте: <http://journals.rudn.ru/ecology>

---

Редактор *Ю.А. Заикина*  
Компьютерная верстка *Ю.А. Заикиной*

**Адрес редакции:**  
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3  
Тел.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

**Адрес редакционной коллегии журнала:**  
Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5  
Тел.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: [ecoj@rudn.ru](mailto:ecoj@rudn.ru)

---

Подписано в печать 15.11.2021. Выход в свет 22.11.2021. Формат 70×108/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».  
Усл. печ. л. 10,50. Тираж 500 экз. Заказ № 10. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН  
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3  
Тел. +7 (495) 955-08-74; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)



## RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

2021 VOLUME 29 NUMBER 1

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1

<http://journals.rudn.ru/ecology>

Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

---

### EDITOR-IN-CHIEF

*Margarita M. Redina* – Doctor of Economics, Head of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

### EDITORIAL BOARD

*Valerio Agnessi* – Director of the Italian-Russian Institute for Ecological Education and Research Programs, University of Palermo, Palermo, Italy

*Xi Chen* – Deputy Director of the Huang Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing, China

*Leonardo Gatto* – Professor, University of Palermo, Palermo, Italy

*Gennady A. Kalabin* – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of System Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

*Alexander P. Khaustov* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

*Michael D. Khutorskoy* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

*Alexander A. Nikolsky* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of System Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

*Sergey N. Sedov* – Professor, Institute of Geology UNAM, Mexico City, Mexico

*Renqing Wang* – Professor, Executive Director of the Permanent Committee of Ecologic Association of the People's Republic of China, Head of the Laboratory of Ecology and Biodiversity, Institute of Biology, Shandong University, Jinan, China

*Tatiana A. Zorenko* – Habilitated Doctor of Biological Sciences, Professor of the Biological Faculty, University of Latvia, Riga, Latvia

**RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY**  
**Published by the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)**

**ISSN 2313-2310 (Print); ISSN 2408-8919 (Online)**

Publication frequency: quarterly.

Languages: Russian, English.

Indexing: Russian Index of Science Citation, Higher Attestation Commission, EBSCOhost, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View Cyberleninka, Dimensions.

**Aims and Scope**

An efficiency increase in the field of environmental protection and scientific research of human ecology, as well as the spread of modern methods of research and the latest achievements in the field of environmental management are the aims of RUDN Journal of Ecology and Life Safety. Since 1993 the results of fundamental and applied research of scientists, professors, postgraduate students are published in the journal in the form of scientific articles, scientific reports and bibliographic reviews. Papers are focused on general ecology, environmental management, sustainable development, environmental safety, environmental protection, human ecology, environmental impact assessment, radioecology and radiation monitoring and ecological education.

The results of original research of universities staff and Russian and foreign countries scientific centers in the form of scientific articles, scientific reports can be published in the journal. Subject of studies have to correspond to the journal scopes.

**Main thematic sections:** ecology, the safety of human activity, environmental defence, human ecology, biogeochemistry, geoecology, biological resources and problems of environmental education.

Chronicle of scientific events, including reviews, information about conferences, research projects, etc. are published in addition to scientific articles.

Journal allows publication of articles based on the best master's thesis for the purpose of intensification of research activity and improving the quality of qualification works.

Author guidelines, archive and other information are available on the website: <http://journals.rudn.ru/ecology>

---

Copy Editor *Iu.A. Zaikina*  
Layout Designer *Iu.A. Zaikina*

**Address of the editorial office:**

3 Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russian Federation  
Tel.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

**Address of the editorial board of the journal:**

8 Podolskoye Shosse, bldg 5, Moscow, 113093, Russian Federation  
Tel.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: [ecoj@rudn.ru](mailto:ecoj@rudn.ru)

---

Printing run 500 copies. Open price.

Peoples' Friendship University of Russia  
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House  
3 Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russian Federation  
Tel.: +7 (495) 955-08-74; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

- Tukhbatullin A.R., Brandler O.V.** Current condition of populations and spatial-environmental features of habitats of russet ground squirrel *Spermophilus major* (Современное состояние популяций и пространственно-экологические особенности местообитаний большого суслика *Spermophilus major*) ..... 7
- Сенатор С.А., Мухортова О.В., Нурова О.Г., Сопина К.В.** Разнообразие сосудистых растений и сообщества зоопланктона в связи с экологической оценкой территории экопарка «Самарская Венеция», Самарская область, Россия ..... 23
- Сорокина А.А., Зубкова В.М.** Анализ изменения биологического разнообразия в границах памятника природы «Серебряный бор» на примере редких и охраняемых видов животных ..... 32

### ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Горбунова Т.Ю., Сафонова М.С.** Динамика температуры воздуха в основных типах региональных экосистем горного Крыма ..... 39
- Тетельмин В.В.** Климатические проблемы и гидроэнергетика как эффективный способ достижения целей Парижского соглашения ..... 55

### БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

- Султанов С.З., Нигматуллин А.Т., Сатуев Б.Б., Лебедева А.В., Милутка А.С., Курбатова А.И.** Анализ требований, предъявляемых к продукции халяль при ее экспорте в Турцию и ОАЭ ..... 72

### ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Коновалова Н.А., Панков П.П., Бесполитов Д.В.** Минимизация воздействия отходов щебеночного производства на окружающую среду путем их вовлечения в составы дорожно-строительных материалов ..... 82
- Jabrayilov E.** Exploring environmental connection: ecological network opportunities in the Shahdagh National Park, Azerbaijan (Изучение связи с окружающей средой: возможности экологической сети в Шахдагском национальном парке, Азербайджан) ..... 92

### ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Луканин А.В., Клеванова Е.С.** Разработка природоохранных мероприятий по уменьшению пылеобразных выбросов каменного угля при погрузочно-разгрузочных работах ..... 103

### ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

- Mamboleo M.** Methodology for the economic estimation of the environmental damages caused by land, soil and air pollution in Kenya: a review of previously used methods (Методология экономической оценки ущерба окружающей среде, причиненного загрязнением земли, почвы и воздуха в Кении: обзор ранее использованных методов) ..... 112

## CONTENTS

### ECOLOGY

- Tukhbatullin A.R., Brandler O.V.** Current condition of populations and spatial-environmental features of habitats of russet ground squirrel *Spermophilus major* ..... 7
- Senator S.A., Mukhortova O.V., Nurova O.G., Sopina K.V.** Diversity of vascular plants and zooplankton communities in regard to the ecological assessment of the territory of the ecological park “Samara Venice”, Samara Region, Russia ..... 23
- Sorokina A.A., Zubkova V.M.** Analysis of changes in biological diversity within the boundaries of the nature monument “Serebryany Bor” on the example of rare and protected animal species ..... 32

### GEOECOLOGY

- Gorbunov R.V., Tabunshchik V.A., Gorbunova T.Yu., Safonova M.S.** Dynamics of air temperature in the main types of mountain Crimea regional ecosystems ..... 39
- Tetelmin V.V.** Climate challenges and hydraulic power industry as a powerful tool to achieve the goals of the Paris Agreement ..... 55

### LIFE SAFETY

- Sultanov S.Z., Nigmatullin A.T., Satuev B.B., Lebedeva A.V., Milutka A.S., Kurbatova A.I.** Analysis of the requirements for halal products when they are exported to Turkey and the UAE ..... 72

### ENVIRONMENTAL DEFENCE

- Konovalova N.A., Pankov P.P., Bespolitov D.V.** Minimization of the impact of rubble production wastes on the environment by their involvement in the compositions of road-building materials ..... 82
- Jabrayilov E.** Exploring environmental connection: ecological network opportunities in the Shahdagh National Park, Azerbaijan ..... 92

### INDUSTRIAL ECOLOGY

- Lukanin A.V., Klevanova E.S.** Development of environmental measures to reduce the dusty emissions of stone coal in loading and unloading works ..... 103

### ENVIRONMENTAL ECONOMICS

- Mamboleo M.** Methodology for the economic estimation of the environmental damages caused by land, soil and air pollution in Kenya: a review of previously used methods ..... 112



## ЭКОЛОГИЯ ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-7-22

UDC 599.322.2:574.34

Research article / Научная статья

### Current condition of populations and spatial-environmental features of habitats of russet ground squirrel *Spermophilus major*

Andrei R. Tukhbatullin✉, Oleg V. Brandler

*Koltzov Institute of Developmental Biology of the Russian Academy of Sciences,  
26 Vavilova St, Moscow, 119334, Russian Federation*

✉ [mne\\_x@mail.ru](mailto:mne_x@mail.ru)

**Abstract.** The russet ground squirrel (*Spermophilus major*) is known in the literature as a numerous widespread ground squirrel species. In recent decades, a decline in its abundance was found in some parts of its range. We have assessed the condition of this species in most parts of its distribution area based on our observations and interviews with local people. Spatial, landscape and vegetation cover parameters of *S. major* settlements have been studied. The research results showed a decline in the number, disappearance of settlements and a decrease in suitable habitats for this species. Small and medium-sized settlements with relatively low density of burrows, associated with low grass meadow communities typical for pastures and cattle grazing, prevail among the found settlements. One of the main factors for the decline in the number and disappearance of settlements of russet ground squirrel is, apparently, a decrease of pasture cattle grazing intensity. The continuing trend of degradation of pasture ecosystems may pose a threat to the existence of this species.

**Keywords:** ecology, *Spermophilus major*, features of settlement, species condition

**Acknowledgements and Funding.** This study was supported by RFBR grants No. 16-04-01826 and 18-04-00687, and under the IDB RAS Government Basic Research Program No. 0088-2021-0019. The authors thank students of the Ural Federal University: A.S. Novgorodtseva, [D.D. Chemagina](#), I.F. Araslanov for assistance in collecting the material. Special thanks to experts of the Department of Ecology of the Ural Federal University for their assistance in identifying types of plant communities, as well as to N.I. Markov for his methodological support in collecting ecological material in 2009–2010.

**Article history:** received 27.11.2020; revised 11.02.2021.

---

© Tukhbatullin A.R., Brandler O.V., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**For citation:** Tukhbatullin AR, Brandler OV. Current condition of populations and spatial-environmental features of habitats of russet ground squirrel *Spermophilus major*. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):7–22. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-7-22>

## Современное состояние популяций и пространственно-экологические особенности местообитаний большого суслика *Spermophilus major*

А.Р. Тухбатуллин✉, О.В. Брандлер

Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова РАН,  
Российская Федерация, 119334, Москва, ул. Вавилова, д. 26

✉ mne\_x@mail.ru

**Аннотация.** Большой суслик (*Spermophilus major*) известен как многочисленный широкоареальный вид наземных беличьих. В последние десятилетия обнаружено падение его численности в отдельных частях ареала. Проведена оценка состояния вида на большей части территории его распространения на основании собственных наблюдений и данных интервьюирования местного населения. Исследованы пространственные, ландшафтные и фитоценотические параметры поселений *S. major*. Результаты показали снижение численности, исчезновение поселений и сокращение пригодных мест обитания данного вида. Среди обнаруженных колоний преобладают малые и средние по площади с относительно низкой плотностью нор, приуроченные к низкотравным луговым сообществам, характерным для пастбищ и выгонов скота. Одной из основных причин падения численности и исчезновения колоний большого суслика является, по-видимому, снижение интенсивности выгонного скотоводства крупного рогатого скота. Сохраняющаяся тенденция деградации пастбищных экосистем может представлять угрозу существованию вида.

**Ключевые слова:** экология, *Spermophilus major*, особенности расселения, состояние вида

**Благодарности и финансирование.** Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-04-01826 и 18-04-00687 и в рамках раздела Государственного задания ИБР РАН № 0088-2021-0019. Авторы благодарят студентов Уральского федерального университета А.С. Новгородцеву, Д.Д. Чемагину, И.Ф. Арасланова за помощь при сборе материала. Отдельную благодарность выражаем сотрудникам кафедры экологии Уральского федерального университета за помощь в определении типов растительных сообществ, а также Н.И. Маркову за методическое сопровождение при сборе экологического материала в 2009–2010 гг.

**История статьи:** поступила в редакцию 27.11.2020; принята к публикации 11.02.2021.

**Для цитирования:** *Tukhbatullin A.R., Brandler O.V.* Current condition of populations and spatial-environmental features of habitats of russet ground squirrel *Spermophilus major* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 7–22. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-7-22>

## Introduction

The russet ground squirrel, or russet souslik, *Spermophilus major* Pallas, 1778 is a typical representative of Eurasian wide-spread ground squirrels inhabiting open steppe biotopes. The species' range extends from the right bank of the Volga River to the Tobol-Ishim interfluve, bypassing the Ural Mountain Range from the south [1–3]. The russet ground squirrel, such as many other ground squirrel's species, is traditionally considered as an agricultural pest [4]. According to the literature data, this species can form large extensional settlements and inhabit even forest glades with extremely high numbers [5]. Many researchers at different times have noted the expansion of the limits of this species range in different directions [6–8]. However, there are evidences of a decrease in the number and extinction of russet ground squirrels in some parts of their area at present [9].

A significant number of studies of the russet souslik ecology [10; 11] and its hybridization with other species [12; 13] was conducted in marginal populations. Earlier, the specific discrete distribution [14] and a decline of population number [15] were observed in frontier parts of the species area. However, the central parts of the range remained under-researched, and the latest studies covering most of the range were conducted in the 1950s [1]. Meanwhile, conditions of ground squirrel habitats have changed overall significantly under the influence of changing kind and intensity of human activity since then, that was reflected in population demography. Recently, a decrease of the population number of small, red-cheeked and some other ground squirrels was shown [16; 17]. Some ground squirrel are endangered species now such as spotted souslik [18].

Global change of steppe biotopes occurring in recent decades under the influence of anthropogenic and natural factors can significantly affect the population conditions of their typical inhabitants such as the russet ground squirrel. In this regard, **the main task of our study** was to assess the demographic dynamics and factors affecting conditions and conservation of *S. major* populations. We also studied the spatial and ecological parameters at which the settlement of russet ground squirrel is stable and viable under the conditions of a decrease of suitable habitats, which is relevant both for predicting the state of the species and for planning conservation measures.

## Materials and methods

We have carried out 3 route expeditions in 2016–2018 with the total length of 14 000 km to find settlements of *S. major* throughout the most of the known species range for to assess the current state of its populations (Figure 1). Souslik's settlements were searched by surveying of potentially suitable habitats for the species living basing on literature data and interviewing of local people. Places of ground squirrels finding were recorded with GPS navigators. Both spatial and biotopic features of settlements and presence of key landscape elements were studied. The interview information and our observation data were compared.

The interview data was recorded in the original form. Due to heterogeneity, the obtained information was formalized and categorized within each data type. The information collected by local people interviews was categorized as follows:

1 – ground squirrels have been always, and they are now; 2 – ground squirrels were many but now they are few; 3 – ground squirrels were many but now they are none; 4 – ground squirrels were always few; 5 – ground squirrels have been never. Categories 1–4 include data from literature [1, 6; 7; 12; 19–21] in addition to the respondent reports. Our findings were categorized as follows: 1 – ground squirrels were observed; 2 – no ground squirrels were observed, inhabited burrows were found; 3 – only uninhabited burrows were found; 4 – no burrows were found. All found settlements were divided into 3 categories for convenience as follows: 1 – successful; 2 – stable; 3 – endangered. The settlements were categorized basing on general estimations of the area size and activity of animals. Due to the fact that russet ground squirrels are strongly attracted by pastures as it was shown earlier [1], we estimated the grazing pressure intensity on potential habitable for russet ground squirrel places during our survey by categories as follows: 1 – intensive grazing affecting the vegetation cover significantly; 2 – low pasture pressure weakly and locally affecting on vegetation; 3 – no pasture pressure. Different completeness data are collected for 168 localities.



**Figure 1.** Investigation area (compiled from [1–3] with changes):

1 – studied settlements (settlement numbers correspond to the numbers in Table 1); 2 – route expeditions 2016–2018; 3 – border of russet ground squirrel distribution

Biotope and spatial characteristics were collected for 24 settlements (Table 1) such as: area of settlement, type of plant community, grass height. Also, an approximate estimation of plant cover density on the most settlement area was made. The presence or absence of grazing, vegetable rags, road, and water body near the settlement were recorded. The area of the settlement was measured by determining the polygon area built along frontier burrows in the MapInfo Professional 8.5 software. The surveyed settlements were divided into three groups depending on occupied area: 1 – large (over 15 ha), 2 – medium (1.5 – 15 ha) and

3 – small (less than 1.5 ha). This part of the work included unpublished data collected in ground squirrel settlements near Skorodumskoye, Retnevo and Rechkalovo villages in 2009–2010 and in the vicinity of the Kharlovskoye village in 2012.

Table 1

**Spatial and ecological characteristics of studied russet ground squirrel settlements**

Settlement No.	Location	Latitude	Longitude	S, ha	Density of holes, hole/ha	Grass height	Plant cover density, min–max, %	Water body/road	Grazing/vegetable rags
1	Sverdlovsk region, Irbit district, vicinities of Skorodumskoe village	62.7039	57.5658	34	800	1–2	93 40–100	+/+	+/-
2	Sverdlovsk region, Irbit district, vicinity of Rechkalovo village	62.8276	57.5853	8.84	317	1	87 40–100	+/+	+/-
3	Sverdlovsk region, Irbit district, vicinities of Retnevo village	62.6361	57.5485	7.69	29	1–2	90	+/+	+/-
4	Sverdlovsk region, Irbit district, vicinities of Harlovskoe village	63.0988	57.4361	6.05	318	1	70	+/+	+/-
5	Republic of Tatarstan, Aznakayevo district, vicinities of Ursaev village	53.2206	55.0985	3.29	120	1	80	+/+	+/-
6	Republic of Bashkortostan, Iginsky district, vicinities of Okhlebinino village	56.3360	54.4966	0.9	45		75	+/+	+/-
7	Republic of Bashkortostan, Davlekanovsky district, vicinities of Mikyashevo village	54.6527	54.2184	6.38	146			+/+	+/-
8	Republic of Bashkortostan, Birk district, vicinities of Mayadykovo village	55.2152	55.2453	0.89	48	1	80	+/+	+/-
9	Republic of Bashkortostan, Iginsky district, Kuyanovo village	56.2237	54.6097	0.85	59	1	40	+/-	+/-
10	Republic of Bashkortostan, Ufa district, vicinities of Stukolkino village	55.8743	54.509	1.04	177	1	50	+/+	+/-
11	Kurgan region, Vargashinsky district, Verkhnesuerskoe village	66.3034	55.9092	1	–	1	95	+/+	+/-
12	Kurgan region, Kurtamysh district, Stepnoe village	64.8176	55.0795	0.99	94	1	90	+/+	+/-
13	Kurgan region, Safakulevsky district, vicinities of Safakulevo village	62.5018	54.9953	1.52	58	1	85	+/+	+/-
14	Chelyabinsk region, Sosnovsky district, Dolgoderevskoe village	61.3091	55.3502	5.6	189	1; 3	50	+/+	+/-
15	Chelyabinsk region, Miass city district, vicinities of Chernivskoye village	60.0525	54.9433	3.78	201	1	75	+/+	+/-
16	Orenburg region, Saraktash district, Ablyazovo village	56.0682	51.8747	1.55	107	1	50	-/+	+/+

Table 1, ending

Settlement No.	Location	Latitude	Longitude	S, ha	Density of holes, hole/ha	Grass height	Plant cover density, min–max, %	Water body/road	Grazing/vegetable rags
17	Orenburg region, Alexandrovsky district, Mikhailovka village	54.7307	52.57042	1	18	1	75	–/+	+/-
18	Orenburg region, Novosergievskiy district, vicinities of Sredneuranskiy township	53.9094	52.4031	8.6	52	1	50	+/+	+/+
19	Orenburg region, Grachevsky district, Yagodnoye village	52.9347	53.0493	13.24	94	1	95	+/+	+/+
20	Orenburg region, Buguruslan district, Vishnevka township	52.7786	53.7437	14	65	1–2		+/+	+/+
21	Orenburg region, Abdulinskiy urban district, Yegoryevka village	53.8792	53.4771	3.68	75	1–2		+/+	+/+
22	Republic of Bashkortostan, Sharanskiy district, vicinities of Naratasty village	53.9853	54.7869	1.8	93	1	80	+/+	+/-
23	Samara region, Kiyavinskiy district, 1.7 km W from Novyi Maklaush village	52.0782	54.2472	1	251	1		–/+	–/-
24	Samara region, Shentalinskiy district, Tatar Abdikeevo village	51.7605	54.4027	5.98	78	1-2	70	+/+	+/-

The type of plant community was determined by photos of general views and model plots. A scale of categories has been adopted for formalizing of grass height measuring: 1 – grass to the ankle height; 2 – grass height to the middle of the shin; 3 – grass height above the knee. The density of burrow holes per hectare (hole/ha) was used as an indirect estimation of the settlement activity. We called exits from the burrow as burrow holes, while for the burrow we took a system of underground passages and dwelling chambers connected to each other in such a way that any point of the burrow could be reached without leaving the surface. This measure is not causally related to the number of animals but reflects the level of their digging activities. To search for burrow holes from one to several routes were installed through the settlement, in the course of which souslik's burrow holes found in the registration zone (2.5 m to the right and left of the researcher) were recorded. The density of burrow holes in the settlement was determined by the ratio of the number of found burrows holes to the registration zone area calculated per 1 ha. The results were extrapolated to the whole settlement.

A more accurate method of standard sampling was used in 2009–2010 in Skorodumskoye and Rechkalovo settlements to determine the density of holes. Seven routes were completed in Rechkalovo settlement and 15 routes in Skorodumskoye settlement. A set of sites with an area of 25 m<sup>2</sup> each was installed on every route. Densities of burrow holes in the Skorodumskoye and Rechkalovo settlements were determined as the arithmetic mean density of burrow holes on all accounting sites of all routes in recalculation for 1 ha of area. For these settlements, we also calculated the Savage Selectivity Index for height and type of ve-

getation [22]. The selectivity index  $w_i$  for each of factors was determined by dividing the number of sites used by ground squirrels ( $O_i$ ) to the available sites in the settlement  $\pi_i$ :

$$w_i = O_i / \pi_i.$$

We applied the method of total mapping of burrow holes in Retnevo settlement and have mapped all the holes located at no more than 100 m from each other in it. The coordinates of the holes, which are located at least 6 m away, were determined by GPS-navigator Garmin Venture. Exits from the holes were searched for by zigzagging through the whole settlement. The step between turns was 3–4 meters. Burrow holes not considered during the first round were counted during the second round of the settlement. The location of burrow holes, which are closer than 6 m from each other, was measured by azimuth using a compass and a tape measure. Coordinates of this close located holes were calculated in the program MapInfo Professional 8.5 by the construction of segments with a given length and angle in relation to Greenwich from a point (burrow hole) with known coordinates. To estimate the validity of the method of route accounting of burrow holes and standardization of methods for estimating the density of burrow holes in this settlement resulting densities of burrow holes in 2 routes were compared with the calculated density by the results of total mapping.

The nonparametric Mann – Whitney test was used to compare categories of settlements. The average values of the area, density of burrow holes and projective vegetation cover were calculated with the standard error of the mean. Statistical processing of the material was carried out in Microsoft Excel and Statistica 8.0 software.

## Results

In total we examined 168 potential habitats of the russet ground squirrel (Table 2). According to our observations, most of the previously potentially suitable habitats for ground squirrels are now covered with high grass. Dwelling settlements of ground squirrels were found in only 79 surveyed areas (categories 1 and 2). Almost half of them (47%) are endangered settlements or alone burrows. Almost one-fifth of all found settlements (18%) was empty. Another 20% were settlements with low activity. Almost all successful settlements were in areas with intensive grazing, and most of the settlements found were located near a road and/or close to a water body.

According to our surveys, the number of empty settlements and places without traces of ground squirrel's vital activity increases on territories with low-intensity grazing (Figure 2). Since the priority task of the study was to search for ground squirrels settlements, which was carried out mainly in potentially suitable habitats or in sites described in the literature, most areas with high grass were not investigated as not promising for ground squirrel finding. Therefore, some settlements in areas with no grazing may be under-recorded.

In addition to wide settlements of ground squirrels, we also found lighted strip settlements along large roads with embankments and mowed roadsides. The longest

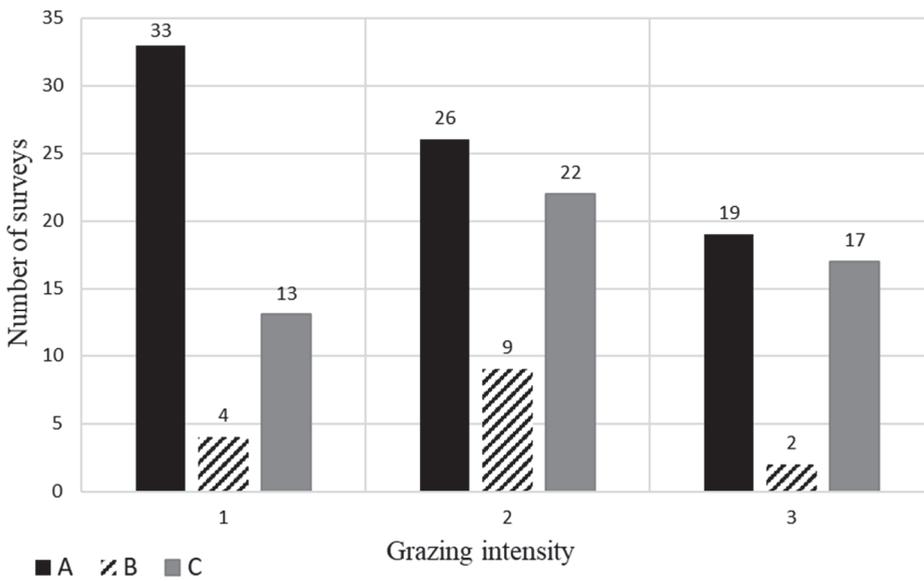
and most densely populated settlements of this type were found along the road between Tolyatti and Samara cities. For several tens of kilometers along this road, ground squirrels standing in a column were observed. In other parts of our route, it was rarely possible to see more than 2–3 ground squirrels for several kilometers. In total, we met 11 such settlements.

Table 2

**Information on the condition of settlements of russet ground squirrel by results of surveys of local people and our observations, number**

Categories of data	Number of settlements by categories			
	Survey data	Our observations	Settlement condition	Grazing intensity
1	20	60	25	50
2	32	19	16	57
3	19	17	37	38
4	8	72	–	–
5	3	–	–	–
Total	82	168	78	145

Note: category meanings are explained in the text in “Materials and methods” section.

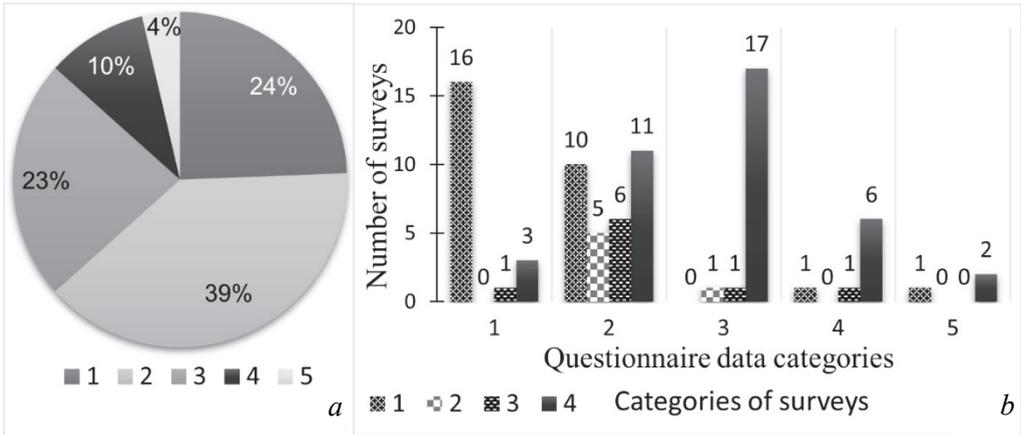


**Figure 2.** Encounter and habitability of russet ground squirrel settlements depending on presence and intensity of grazing:

categories of grazing intensity: 1 – intensive grazing, 2 – weak grazing, 3 – no grazing; habitats of settlements: A – inhabited settlements (1–2 categories of observations), B – uninhabited settlements (3), C – no settlements were found (4)

We obtained survey data for 82 out of 168 surveyed habitats from local people on habitat of the russet ground squirrel in the vicinity of the respondents’ residence. The survey data in 96% of respondents indicate the presence of the russet ground squirrel in the past, with 86% of respondents talking about its high numbers (Figure 3, a). However, only 24% say that ground squirrels are still numerous, and 23% say that they have completely disappeared. Local people reported saving the species in 52 out of 82 cases, but only 60% of such reports were confirmed during survey of the territory. 32% of the interviewed respondents re-

ported the presence of animals, while they are not in this area at present day (Figure 3, b). However, only 2 out of 21 locations with ground squirrels, respondents reported as not having sousliks in the vicinity. In those places where a russet ground squirrel has always been rare according to the local people, only one inactive settlement has been found to date by us.



**Figure 3.** The condition of the russet ground squirrel populations according to the survey data (a) and the compare of our observations with the interview results (b): categories of survey data: 1 – ground squirrels have been always, and they are now, 2 – ground squirrels were many but now they are few, 3 – ground squirrels were many but now they are none, 4 – ground squirrels were always few, 5 – ground squirrels have been never; categories of our observations: 1 – ground squirrels were observed, 2 – no ground squirrels were observed, inhabited burrows were found, 3 – only uninhabited burrows were found, 4 – no burrows were found

A settlement near the village Skorodumskoye in the Sverdlovsk region has the largest area (34 ha in 2010) of the 24 studied settlements (Table 1). This settlement located near the northern boundary of the species range. The areas of all other settlements did not exceed 14 ha, and the minimum area was 0.85 ha. Fifteen settlements were classified as middle and eight as small ones. The average area of middle settlements was  $6 \pm 1$  ha (limit min – max 1.52–13.24 ha). The average area of small settlements was  $0.96 \pm 0.02$  ha (min – max 0.85–1.04 ha).

Analysis of the validity of the route method of registration of holes showed a tendency to overestimate by 10% comparing to the method of total mapping. The density of burrow holes in the only big settlement (Skorodumskoye) was 800 burrow/ha, which is considerably higher than in other studied settlements. The density of burrow holes in the category of medium-sized settlements averaged  $129.5 \pm 23$  burrow/ha (min – max 29–318 burrow/ha). The average density of burrow holes in small settlements was  $98.9 \pm 31$  burrow/ha (min – max 18–251 burrow/ha). No reliable differences in burrow densities were found between small and medium-sized settlements using Mann – Whitney test ( $p > 0.5$ ).

All studied settlements are located in small-grass-forb meadows of various species composition with a herbage height up to 10 cm and rare low grasses up to 30 cm. Projective coverage varies from 40 to 100% in settlements. The average projective coverage across the total sample was  $74 \pm 4\%$ . The projective coverage in medium and small settlements was  $71 \pm 4\%$  and  $73 \pm 8\%$  respectively. The only big settlement also does not differ from the other two categories of settlements by this feature.

On the bank of the pond are located 21 out of 24 settlements and only 1 settlement of all is not near the road. Almost all the surveyed settlements (23) have intensive grazing. An only settlement without grazing is located on overgrowing arable land. Among all surveyed settlements grass rags are found only in 7 small settlements.

Skorodumskoye and Rechkalovo settlements were used as model settlements for analysis of habitat preferences of the russet ground squirrel. Our data show that ground squirrels prefer to burrow in sites located on the slopes of river valley terraces. Despite the relatively low availability of slopes (the share of sites on slopes did not exceed 20% in the Skorodumskoye settlement),  $w_i$  for such sites is 1.5 times higher than for sites without slopes in this settlement. This difference is even higher (3.8 times) in the Rechkalovo settlement (Table 3). In terms of vegetation type, ground squirrels clearly preferred areas with low grass. For such sites  $w_i$  is almost 5 times higher than for sites with medium and high vegetation in Skorodumskoye and 4.6 times higher in Rechkalovo.

Table 3

Selectivity of the russet ground squirrel by micro-relief and vegetation height

Characteristics of micro-relief and vegetation height	Accessible sites		Used sites		Savage selectivity index $w_i$
	Number	%	Number	%	
<i>Skorodumskoye settlement</i>					
Slope	7	16.7	7	23.3	1.4
No slope	35	83.3	23	76.7	0.92
Vegetation height 1*	31	73.8	28	93.3	1.26
Vegetation height 2, 3	11	26.2	2	6.7	0.25
<i>Rechkalovo settlement</i>					
Slope	13	19.7	12	48	2.44
No slope	53	80.3	13	52	0.65
Vegetation height 1	47	71.21	23	92	1.29
Vegetation height 2, 3	19	28.79	2	8	0.28

Note: \* according to the vegetation height categories specified in the “Materials and methods” section.

We re-examined the russet souslik settlements near Skorodumskoye, Retnevo and Rechkalovo villages in 2016. It was found that souslik settlements near Retnevo and Rechkalovo villages had almost completely disappeared, and the territories of both settlements were overgrown with high grass. In contrast, the Skorodumskoye settlement almost doubled its area and occupied about 50 ha at the time of the last survey.

## Discussion

According to our study, more than half of the russet ground squirrel habitats are currently not inhabited. About half of all places where animals were found are disappearing settlements or single burrows. We were able to find only one relatively large settlement, which not only survived, but also increased its area during the period of observation. This settlement may be considered quite successful in terms of size parameters and high average density of burrows. The low density of burrows indicates a decrease in burrowing activity in medium and small settlements. Low burrowing activity seems to be associated with a decline in animal

numbers, which is indicated by the disappearance of some russet ground squirrel settlements known from literature and the predominance of small settlements over most of the species area. This is also indicated by low animal activity in 20% of settlements we found. In conditions of suitable habitat area reducing, an increasing press of predators, as well as a factor of human disturbance, can play a significant role in reducing the number of ground squirrels. The human disturbance may be critical in some cases, as most of the recent russet ground squirrel habitats are located near human settlements. We found burrows filled with plastic bottles, sticks or other debris in settlements not rare. Local people often talked about a child's play of catching ground squirrels with water.

Not less than a fifth part of all settlements found were uninhabited. Apparently, these settlements were abandoned by ground squirrels during the last 3–5 years. According to our estimates, the russet ground squirrel burrows completely had degraded within 5–8 years, and in the formation of high grasses are not found out within a year. Considering of this, the finding of an uninhabited settlement with non-living burrows suggests a relatively recent extinction of the species in this place. The number of discovered abandoned settlements and biotopes, where even uninhabited burrows can no longer be found, have increased in places with weak grazing.

The predominance of small settlements, a relatively large number of uninhabited settlements, the extinction of animals in previously inhabited areas, as well as the absence of ground squirrels on a wide territory indicate a progressing depression of this species at present. Therefore, the inclusion of the gopher in the list of agricultural pests [4] is based on outdated data related to the period of optimal habitat of the species at the beginning of the last century [23] and seems unjustified at present.

Development of high-grass plant communities as a result of a sharp drop in the intensity of grazing on territories previously used for pastures may be the cause of current condition of this species. A sharp decline in the livestock population by 5–7 times and a reduction in grazing intensity by half below the optimal one occurred from 1990 to 2010 [24]. It was resulted in vegetation demutation in steppe ecosystems. To date, this trend persists. We found everywhere near human settlements on the surveyed territory destroyed livestock buildings designed for 3 thousand or more cattle, according to the local people evidence. Instead of them, usual herds not exceeding 35 cattle in most of studied places to date. Previously, it was shown that grazing is a critical condition for the formation of a low-grass plant community [25; 26], which is necessary for the successful living of all ground squirrels [1; 27]. Absence of grazing leads to the fact that habitats previously suitable for russet ground squirrel are now high grass floodplain meadows and steppes. Our observations in most cases correspond to this view (Figure 2). Low grass is preserved mainly near country roads, on mowed roadsides of large roads and on the banks of water bodies with intensive anthropogenic pressure. This explains the presence of these landscape elements in most of studied inhabited settlements. There are also places with naturally formed low grass without grazing where russet ground squirrel could be found, which are located mainly in the south of the species range.

Our study did not show any significant impact of the projective plant coverage on the viability of russet ground squirrel settlements. Although the russet

ground squirrel prefers levelled sites to hilly relief, we have found that it tends to micro-relief elevations. This can be explained by a better view and protection against the pouring of holes during heavy rainfall and floods.

The results of our study show that stably existing and developing settlements of russet ground squirrel are characterized by large area and high density of burrow holes. At the same time, there are critically few large and actively developing settlements remaining today. However, the number of animals and associated burrowing activity in medium-sized settlements is considerably lower than in the large ones. In this case, the stability of a settlement is maintained only due to the size of the occupied area. Therefore, medium-sized settlements can be considered as category between stable and endangered settlements. Larger settlements of this category (with an area above average) may remain stable for a long time or become successful if current conditions are maintained, while smaller settlements are more likely to disappear. Our data allows to assume that the minimum area of a stable settlement should be at least 6 ha under current conditions. If the area of the settlement is smaller, the animals should be additionally protected from predator pressure and negative human impact. An example is the settlement of a russet ground squirrel on the territory of an equestrian sports complex near the Kuyanovo village (settlement 9 in Table 1).

For half of the surveyed territories, we obtained species status estimates from local people. Even though about two-thirds of our respondents reported that this species is saved at the place of interview, our observations confirmed the presence of animals only a little more than in half of cases. In contrast, reports of the disappearance of russet ground squirrels in a territory are true in most cases. This indicates a high level of inertness of observations of local people, whose memories of past meetings of ground squirrels have been preserved. Thus, a differentiated approach to data in different categories is necessary when using survey data.

### Conclusion

Our research data, as well as interview results, show a significant decrease in the number of russet ground squirrels compared to the past everywhere. Features of detected sites with preserved settlements as well as the results of analysis of habitat preferences of the russet ground squirrel show that low-grass meadow communities, currently undergoing intensive degradation, are a prerequisite for the species existence. It is obvious that on the most part of the species range the decline in the number of species is connected with the change of the vegetation cover condition caused by the human economic activity, namely, a decrease in the intensity of grazing of cattle. The observed process of reduction in number and size of settlements of russet ground squirrel coincides with the common for the majority of ground squirrels of genus *Spermophilus*.

Clearly, apart from local factors, there are one or more common reasons for this process. Global climate change may be one of them. However, regardless of the reasons for the deterioration of ground squirrels, the problem of their conservation as key species to ensure the sustainability of steppe ecosystems is becoming extremely important at present.

## References

- [1] Ognev SI. *Animals of the USSR and adjoining countries* (vol. 5). Moscow, Leningrad: Izdatel'stvo AN USSR Publ.; 1947. (In Russ.)
- [2] Afanasev AV, Sludskiy AA, Korelov MN, Bazhanov VS, Strautman EI. *Animals of Kazakhstan*. Almaty: Izdatel'stvo AN Kaz. SSR Publ.; 1953. (In Russ.)
- [3] Nikolskii AA. On the problem of boundary between the ranges of *Citellus maior* and *C. erythrogegens* (rodentia, sciuridae) in Northern Kazakhstan. *Zoologicheskii Zhurnal*. 1984;63(2):256–262. (In Russ.)
- [4] Afonin AN, Grin SL, Dzyubenko NI, Frolov AN. (eds.) *Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Internet-version 2.0*. 2008. Available from: <http://www.agroatlas.ru> (accessed: 01.12.2020).
- [5] Nekrasov ES. Russet ground squirrel in the forests of the Urals. *Priroda*. 1971;(2):122–123. (In Russ.)
- [6] Popov VA. *Mammals of the Volga-Kama region: Insectivorous, Cheiroptera, Rodents*. Kazan: Izdatel'stvo AN USSR Publ.; 1960. (In Russ.)
- [7] Rudi VN. On the distribution of the russet ground squirrel in the South Urals. *Biologicheskie Nauki*. 1984;(7):52–56. (In Russ.)
- [8] Ermakov OA, Titov SV. Dynamics of *Spermophilus major* (Rodentia, Sciuridae) range boundaries in the Volga River region. *Zoologicheskii Zhurnal*. 2000;79(4):507–509. (In Russ.)
- [9] Kuzmin AA, Shmyrov AA, Titov SV. Russet ground squirrel (*Spermophilus major* Pall.) on the right Bank of the Volga: current state and distribution. *Izvestiya PGPU imeni V.G. Belinskogo*. 2011;(25):214–219. (In Russ.)
- [10] Titov SV, Shmyrov AA, Kuzmin AA. Biotope principles of sympatry and interspecies hybridization in mammals (by the example of the genus *Spermophilus*). *Biology Bulletin*. 2012;39(1):36–44. <http://dx.doi.org/10.1134/S1062359012010116>
- [11] Titov SV, Kuzmin AA, Zaks SS, Chernyshova OV. Species specificity of biotopic preferences as a factor in interspecific isolation in mammals (by the example of genus *Spermophilus*). *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017;2(4):1–12. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21685/2500-0578-2017-4-4>
- [12] Ermakov OA, Surin VL, Titov SV, Tagiev AF, Lukyanenko AV, Formozov NA. A molecular genetic study of hybridization in four species of ground squirrels (*Spermophilus*: Rodentia, Sciuridae). *Rus. J. Gen.* 2002;38(7):796–809. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1016395722664>
- [13] Spiridonova LN, Chelomina GN, Tsuda K, Yonekawa H, Starikov VP. Genetic evidence of extensive introgression of short-tailed ground squirrel genes in a hybridization zone of *Spermophilus major* and *S. erythrogegens*, inferred from sequencing of the mtDNA cytochrome *b* gene. *Rus. J. Gen.* 2006;42(7):802–809. <http://dx.doi.org/10.1134/S1022795406070167>
- [14] Nekrasov EC. Density distribution of the russet ground squirrel on the northern border of the area. *Ekologiya*. 1970;(1):103. (In Russ.)
- [15] Yerzhanov NT. Modern state of biodiversity of mammals of the Kazakh shallow steppe and factors that determine it. *Vestnik KarGU*. 2001;(3):78–91. (In Russ.)
- [16] Skalon NV, Gagina TN. Whether to save the russet ground squirrel in Kuznetskaya steppe? *Stepnoj Byulleten*. 2004;(15):42–46. (In Russ.)
- [17] Okulova NM, Grazhdanov AK, Neronov VV. *Structure and dynamics of mammal communities in Western Kazakhstan*. KMK Scientific Press; 2017. (In Russ.)
- [18] Shilova SA. Abundance control and conservation of sousliks in Russia (g. *Spermophilus*). *Arid Ecosystems*. 2011;1(4):267–272. <http://dx.doi.org/10.1134/S2079096111040147>

- [19] Kuznetsov BA. *Mammals of Kazakhstan*. Moscow: Izd. Moskovskogo Obschestva Ispytatelej Prirody Publ.; 1948. (In Russ.)
- [20] Nekrasov ES. *Biological features of a russet ground squirrel on the northern border of the area (Middle Urals)* (dissertation). Sverdlovsk; 1973. (In Russ.)
- [21] Nikolskii AA, Starikov VP. Variability of alarm call in *Spermophilus major* and *Spermophilus erythrogeus* (Rodentia, Sciuridae) within contact zone in Kurgan district. *Zoologicheskii Zhurnal*. 1997;76(7):845–857. (In Russ.)
- [22] Manly BFL, McDonald LL, Thomas DL, McDonald TL, Erickson WP. *Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies*. Springer Science & Business Media; 2007.
- [23] Sludskiy AA, Varshavsky SN, Ismagilov MI, Kapitonov VI, Shubin IG. *Mammals of Kazakhstan. Rodents (Marmots and Ground Squirrels)* (AA Sludskiy, ed.). Almaty: Nauka Publ.; 1969. (In Russ.)
- [24] Oparin ML, Oparina OS, Matrosov AN, Kuznetsov AA. Mammalian fauna dynamics in Volga-Ural interfluve steppes in the last century. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2010;(1):71–85. (In Russ.)
- [25] Abaturov BD. Ecological consequence of the ungulate pasturage for the semidesert ecosystems. In: Shilov IA, Alyakrinskaya IO. (eds.) *Ecological Processes in Arid Biogeocenoses: XIX meetings in memory of academician V.N. Sukachev*. Moscow; 2001. p. 57–83. (In Russ.)
- [26] Dymova TV. Redistribution of ecological groups and life forms of plants of the Volga delta pastures under the influence of pasturage. *South of Russia: Ecology, Development*. 2009;4(1):24–29. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.18470/1992-1098-2009-1-24-29>
- [27] Shilova SA, Savinetskaya LE, Neronov VV. Dynamics of abundance and biomass of the little ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus* pall., 1778) in pasturable ecosystems of Kalmykia for the 28-years period]. *Aridnye Ekosistemy*. 2009;15(38):28–38. (In Russ.)

### Список литературы

- [1] *Огнев С.И.* Звери СССР и прилежащих стран. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. Т. 5. 559 с.
- [2] *Афанасьев А.В., Слудский А.А., Корелов М.Н., Бажанов В.С., Страутман Е.И.* Звери Казахстана. Алма-Ата: Изд. АН КазССР, 1953. 536 с.
- [3] *Никольский А.А.* К вопросу о границе ареалов большого (*Citellus maior*) и краснощекого (*C. erythrogeus*) сусликов в Северном Казахстане // Зоологический журнал. 1984. Т. 63. № 2. С. 256–262.
- [4] *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения / под ред. А.Н. Афонина, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролова.* 2008 <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 01.12.2020).
- [5] *Некрасов Е.С.* Большой суслик в лесах Урала // Природа. 1971. № 2. С. 122–123.
- [6] *Попов В.А.* Млекопитающие Волжско-Камского края: насекомоядные, рукокрылые, грызуны. Казань: Изд-во АН СССР, 1960. 468 с.
- [7] *Руди В.Н.* О распространении рыжеватого суслика на Южном Урале // Биологические науки. 1984. № 7. С. 52–56.
- [8] *Ермаков О.А., Тутов С.В.* Динамика границы ареала большого суслика *Spermophilus major* (Rodentia, Sciuridae) в Поволжье // Зоологический журнал. 2000. Т. 79. № 4. С. 503–509.

- [9] Кузьмин А.А., Шмыров А.А., Титов С.В. Большой суслик (*Spermophilus major* Pall.) на Правобережье Волги: современное состояние и распространение // Известия ПгПУ имени В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 214–219.
- [10] Titov S.V., Shmyrov A.A., Kuzmin A.A. Biotope principles of sympatry and interspecies hybridization in mammals (by the example of the genus *Spermophilus*) // Biology Bulletin. 2012. Vol. 39. No 1. Pp. 36–44. <http://dx.doi.org/10.1134/S1062359012010116>
- [11] Титов С.В., Кузьмин А.А., Закс С.С., Чернышова О.В. Видоспецифичность биотопических предпочтений как фактор межвидовой изоляции у млекопитающих (на примере р. *Spermophilus*) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2017. Т. 2. № 4. С. 1–12. <http://dx.doi.org/10.21685/2500-0578-2017-4-4>
- [12] Ermakov O.A., Surin V.L., Titov S.V., Tagiev A.F., Lukyanenko A.V., Formozov N.A. A molecular genetic study of hybridization in four species of ground squirrels (*Spermophilus*: Rodentia, Sciuridae) // Russian Journal of Genetics. 2002. Vol. 38. No 7. Pp. 796–809. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1016395722664>
- [13] Spiridonova L.N., Chelomina G.N., Tsuda K., Yonekawa H., Starikov V.P. Genetic evidence of extensive introgression of short-tailed ground squirrel genes in a hybridization zone of *Spermophilus major* and *S. erythrogegnys*, inferred from sequencing of the mtDNA cytochrome b gene // Russian Journal of Genetics. 2006. Vol. 42. No. 7. Pp. 802–809. <http://dx.doi.org/10.1134/S1022795406070167>
- [14] Некрасов Е.С. Распределение плотности большого суслика на северной границе ареала // Экология. 1970. № 1. С. 103.
- [15] Ержанов Н.Т. Современное состояние биоразнообразия млекопитающих казахского мелкосопочника и факторы, его определяющие // Вестник КарГУ. 2001. № 3. С. 23.
- [16] Скалон Н.В., Гагина Т.Н. Спасать ли краснощекого суслика в Кузнецкой степи? // Степной бюллетень. 2004. № 15. С. 42–46.
- [17] Окулова Н.М., Гражданов А.К., Неронов В.В. Структура и динамика сообществ млекопитающих Западного Казахстана. КМК Scientific Press, 2017.
- [18] Shilova S.A. Abundance control and conservation of sousliks in Russia (g. *Spermophilus*) // Arid ecosystems. 2011. No. 1. Pp. 267–272. <http://dx.doi.org/10.1134/S2079096111040147>
- [19] Кузнецов Б.А. Млекопитающие Казахстана. М.: Изд. МОИП, 1948. 228 с.
- [20] Некрасов Е.С. Биологические особенности большого суслика на северной границе ареала (Средний Урал): дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1973. 138 с.
- [21] Никольский А.А., Стариков В.П. Изменчивость звукового сигнала, предупреждающего об опасности, у рыжеватого (*Spermophilus major*) и краснощекого (*S. erythrogegnys*) сусликов (Rodentia, Sciuridae) в зоне контакта на территории Курганской области // Зоологический журнал. 1997. Т. 76. № 7. С. 845–857.
- [22] Manly B.F.L., McDonald L.L., Thomas D.L., McDonald T.L., Erickson W.P. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Springer Science & Business Media, 2007. 221 p.
- [23] Слудский А.А., Варшавский С.Н., Исмаилов М.И., Капитонов В.И., Шубин И.Г. Млекопитающие Казахстана: в 4 т. Т. 1. Грызуны (сурки и суслики) / под ред. А.А. Слудского. Алма-Ата: Наука, 1969. 455 с.
- [24] Опарин М.Л., Опарина О.С., Матросов А.Н., Кузнецов А.А. Динамика фауны млекопитающих степей Волго-Уральского междуречья за последнее столетие // Поволжский экологический журнал. 2010. Т. 1. С. 71–85.
- [25] Абатуров Б.Д. Экологические последствия пастьбы копытных млекопитающих для экосистем полупустыни // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. М.: РАСХН. 2001. С. 57–83.

- [26] *Дымова Т.В.* Перераспределение экологических групп и жизненных форм растений пастбищ дельты Волги под влиянием выпаса // Юг России: экология, развитие. 2009. № 1. С. 20–24.
- [27] *Шилова С.А., Савинецкая Л.Е., Неронов В.В.* Динамика численности и биомассы малого суслика (*Spermophilus rugtaeus* Pall., 1778) в пастбищных экосистемах Калмыкии за 28-летний период // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 38. С. 28–38.

**Bio notes:**

*Andrei R. Tukhbatullin*, junior researcher, Koltzov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences. E-mail: mne\_x@mail.ru

*Oleg V. Brandler*, PhD, leading researcher, Koltzov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences. E-mail: rusmarmot@yandex.ru

**Сведения об авторах:**

*Тухбатуллин Андрей Робертович*, младший научный сотрудник, Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова, Российская академия наук. E-mail: mne\_x@mail.ru

*Брандлер Олег Владимирович*, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова, Российская академия наук. E-mail: rusmarmot@yandex.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-23-31

УДК 574.583:582.35/99

Научная статья / Research article

## Разнообразие сосудистых растений и сообщества зоопланктона в связи с экологической оценкой территории экопарка «Самарская Венеция», Самарская область, Россия

С.А. Сенатор<sup>1</sup>, О.В. Мухортова<sup>2,3</sup>✉, О.Г. Нурова<sup>3</sup>, К.В. Сопина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН,  
Российская Федерация, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4

<sup>2</sup>Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
Институт экологии Волжского бассейна РАН  
Российская Федерация, 445003, Тольятти, ул. Комзина, д. 10

<sup>3</sup>Тольяттинский государственный университет,  
Российская Федерация, 445020, Тольятти, ул. Белорусская, д. 14

✉ [muhortova-o@mail.ru](mailto:muhortova-o@mail.ru)

**Аннотация.** Приводятся результаты флористического и гидробиологического исследований, выполненных в мае – августе 2020 г. на территории экопарка «Самарская Венеция» (Самарская область, Россия). Полученные данные положены в основу экологической оценки состояния территории. Разнообразие сосудистых растений представлено 4 отделами, 65 семействами, 205 родами и 309 видами. Среди них 66 видов (21,4 %) чужеродных растений, в том числе 9 инвазивных. Обнаружены местообитания растений, включенных в региональную Красную книгу. В составе зоопланктона выявлено 60 видов и морф. Установлена трансформация зоопланктона, которая проявляется в увеличении общей биомассы, а также биомассы ракообразных и коловраток, снижении видового и удельного богатства. Выявлено, что ряд исследованных водоемов являются переходными от мезо- к эвтрофному типу (умеренно загрязненные и загрязненные воды).

**Ключевые слова:** экологическая оценка территории, сосудистые растения, зоопланктон, экопарк «Самарская Венеция», Самара

**Благодарности и финансирование.** Работа проводилась при поддержке Фонда президентских грантов, проект № 19-2-010471 «Экопарк „Самарская Венеция“ – территория здорового образа жизни», частично в рамках государственной программы фундаментальных исследований Института экологии Волжского бассейна РАН по темам № АААА-F17-117112040039-7 и АААА-F17-117112040040-3, а также государственного задания Главного ботанического сада РАН по плановой теме № 0111-2019-0001 «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения».

**История статьи:** поступила в редакцию 25.09.2020; принята к публикации 08.10.2020.

© Сенатор С.А., Мухортова О.В., Нурова О.Г., Сопина К.В., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Для цитирования:** Сенатор С.А., Мухортова О.В., Нурова О.Г., Сопина К.В. Разнообразие сосудистых растений и сообщества зоопланктона в связи с экологической оценкой территории экопарка «Самарская Венеция», Самарская область, Россия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 23–31. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-23-31>

## **Diversity of vascular plants and zooplankton communities in regard to the ecological assessment of the territory of the ecological park “Samara Venice”, Samara Region, Russia**

**Stepan A. Senator<sup>1</sup>, Oksana V. Mukhortova<sup>2,3</sup>✉, Oksana G. Nurova<sup>3</sup>, Kristina V. Sopina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Tsitsin Main Botanical Garden of RAS,*

*4 Botanicheskaya St, Moscow, 127276, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,*

*Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences,*

*4 Komzina St, Togliatti, 445020, Russian Federation*

<sup>3</sup>*Togliatti State University,*

*14 Belorusskaya St, Togliatti, 445020, Russian Federation*

✉ [muhortova-o@mail.ru](mailto:muhortova-o@mail.ru)

**Abstract.** The results of the floristic and hydrobiological studies performed in May – August 2020 on the territory of the ecological park “Samara Venice” (Samara Region, Russia) are presented. These data form the basis for the ecological assessment of the territory. The diversity of vascular plants is presented by 4 divisions, 65 families, 205 genera, and 309 species. Among them, 66 species (21.4%) belong to the alien plant species, including nine invasive. Habitats of the plants included in the regional Red List are found. The zooplankton diversity comprises 60 species and morphs. The zooplankton community has undergone significant transformation, manifesting by an increase in the total biomass and in the biomass of crustaceans and rotifers, and by a decrease in absolute and relative species richness. It is revealed that a number of the studied water bodies belong to the transitional type, and may be characterized as of middle position between the meso- to eutrophic type (moderately polluted and polluted waters).

**Keywords:** ecological assessment of the territory, vascular plants, zooplankton, ecological park “Samara Venice”, Samara

**Acknowledgements and Funding.** The work was carried out with the support of the Presidential Grants Fund, project No. 19-2-010471 “Eco-park ‘Samara Venice’ – a territory of a healthy lifestyle,” partially within the state program of basic researches of Institute of Ecology of the Volga basin of RAS on subjects No. AAAA-F17-117112040039-7 and AAAA-F17-117112040040-3, as well as the state task of the Tsitsin Main Botanical Garden of RAS on planned subject No. 0111-2019-0001 “Biological diversity of natural and cultural flora: fundamental and applied issues of study and preservation”.

**Article history:** received 25.09.2020; revised 08.10.2020.

**For citation:** Senator SA, Mukhortova OV, Nurova OG, Sopina KV. Diversity of vascular plants and zooplankton communities in regard to the ecological assessment of the territory of the ecological park “Samara Venice”, Samara Region, Russia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):23–31. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-23-31>

## Введение

Считается, что урбанизация способствует утрате мирового биологического разнообразия и гомогенизации его биоты [1]. В то же время биота урбанизированных обеспечивает сохранение видового разнообразия, выполняет ряд экосистемных услуг, способствует просвещению городского населения по вопросам сохранения природы. Более того, географические закономерности распределения биоразнообразия и выявление факторов формирования видового богатства занимают центральное место в экологии [2; 3].



**Рис. 1.** Разнотипные водоемы экопарка «Самарская Венеция»: а – участок реки Самара; б – озеро Лебяжье  
**Figure 1.** Different types of reservoirs in the ecological park “Samara Venice” borders: а – section of the Samara river; б – lake Lebyazhye

Экопарк «Самарская Венеция» – территория, расположенная в границах городских округов Самара, Новокуйбышевск и Чапаевск и представляющая собой пойменный комплекс в месте впадения р. Самары в Волгу (Саратовское водохранилище) (рис. 1). Общая площадь составляет 540 тыс. м<sup>2</sup>.

Относительная недоступность некоторых участков за счет ландшафтных особенностей делает эту территорию важной для сохранения биологического разнообразия. Оценка экологического состояния экопарка «Самарская Венеция» до настоящего времени не проводилась, в связи с чем **целью исследования** явилась экологическая оценка современного состояния территории на основе данных о видовом составе сосудистых растений и зоопланктона.

### Материалы и методы

Исследования флоры и зоопланктона выполнены в следующих пунктах:

- 1) оз. Гатное (53.138226°N 50.108174°E);
- 2) берег р. Самары (53.169687°N 50.103503°E);
- 3) оз. Болгарка (53.155367°N 50.085130°E);
- 4) оз. Дубовый Ерик (53.153062°N 50.077025°E);
- 5) оз. Светленькое (53.141120°N 50.084475°E);
- 6) оз. Двубратное (53.130783°N 50.083283°E);
- 7) оз. Большое Лебяжье (53.107975°N 50.028906°E);
- 8) берег р. Татьянки (53.139144°N 50.047895°E);
- 9) оз. Ерик Молочный (53.126571°N 50.006854°E);
- 10) р. Татьяна у пионерского лагеря «Волгаренок» (52.50733°N 47.91295°E);
- 11) р. Татьяна у Новокуйбышевска (53.12697°N 49.99236°E);
- 12) р. Татьяна у Новокуйбышевска (53.12400°N 49.95060°E).

Границы территории экопарка «Самарская Венеция» представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Границы экопарка «Самарская Венеция»  
**Figure 2.** The ecological park “Samara Venice” borders

Выявление разнообразия сосудистых растений осуществлялось методом маршрутных учетов [4]. Сведения по флоре собраны в массив данных, что позволяет охарактеризовать ее состав и структуру по таким показателям, как общее число таксонов, число таксонов в аборигенной и чужеродной фракциях, доля чужеродных и инвазионных видов, семейственно-видовой и родовой спектры, соотношение биоморфологических и хорологических групп. Номенклатура родов и видов приведена в основном по международной базе данных Plants of the World Online<sup>1</sup>. Чужеродные виды растений приводятся согласно опубликованному конспекту [5].

Для изучения зоопланктона отобранную воду мерным цилиндром пропускали через сеть Апштейна и концентрировали через нейлоновое сито с ячейей 99 мкм. Фиксировали материал 4 %-ным спиртом. Проводили камеральную обработку проб [6; 7]. Для видовой идентификации зоопланктона использовались определители [7; 8]. Оценивали общее число видов, структуру зоопланктона по таким показателям, как наличие аборигенных и чужеродных видов, а также считали численность, биомассу, индекс Шеннона по численности и биомассе ( $H_N$ ,  $H_B$ ), коэффициент трофности и сапробности.

Часть информации о выявленном биологическом разнообразии исследуемой территории размещена в проекте «Экопарк „Самарская Венеция“» на платформе iNaturalist<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

На исследуемой территории выделены следующие флористические комплексы: заросли кустарниковых ив и осокоря (*Salix acutifolia*, *S. cinerea*, *Populus nigra*); дубравы (*Quercus robur*); луговое разнотравье; водно-болотная растительность; несомкнутые группировки сорно-рудеральных видов; культурная растительность. Разнообразие сосудистых растений представлено 4 отделами, 65 семействами, 205 родами и 309 видами, что составляет 16,51 % от флоры Самарской области. Основу флоры составляют представители отдела Magnoliophyta, в особенности – класса Dicotyledones (233 вида, или 75,40 %). По видовому богатству выделяются семейства Asteraceae (18,40 % видов от общего числа), Poaceae (14,80 %) и Fabaceae (5,81 %). Самыми крупными по числу видов являются роды *Poa* and *Carex* (по 7 видов в каждом), а также *Artemisia* and *Galium* (по 5 видов).

Среди выявленных видов присутствуют растения, включенные в Красную книгу Самарской области [9]: *Iris sibirica* L., *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. and *Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. (рис. 3). Такие растения, как *Glycyrrhiza echinata* L., *Iris pseudacorus* L., *Gratiola officinalis* L., *Althaea officinalis* L., *Senecio tataricus* Less. и *Salvinia natans* (L.) All. являются видами, нуждающимися в особом внимании к их состоянию и мониторинге на территории региона.

<sup>1</sup> Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. URL: <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (дата обращения: 15.09.2020).

<sup>2</sup> iNaturalist. URL: <https://www.inaturalist.org/projects/ekopark-samarskaya-venetsiya-samara-venice-ecopark> (дата обращения: 12.09.2020).



**Рис. 3.** Бубенчик лилиелистный (*Adenophora liliifolia*) – вид, занесенный в Красную книгу Самарской области  
**Figure 3.** *Adenophora liliifolia* is a species listed in the Red Data Book of Samara Region



**Рис. 4.** Группировки амброзии трехраздельной и циклахены дурнишниколистной на окраинах селитебных территорий  
**Figure 4.** Groups of *Ambrosia trifida* and *Cyclachaena xanthiifolia* on the outskirts of residential areas

Данные флористического анализа показали, что, с одной стороны, существует исторически сформировавшееся ядро природной флоры, с другой стороны – высокая доля чужеродных растений (66 видов, или 21,40 %), свидетельствующая о значительной антропогенной нагрузке на территорию. На исследуемой территории также обнаружены инвазионные виды растений, внедрившиеся в естественные местообитания и влияющие на ценоотические связи в сообществах, меняющие их облик, образуя монодоминантные заросли и вытесняя местные виды растений. Среди них *Acer negundo* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray, *Elodea canadensis* Michx., *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch and

*Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz et Sukopp. Еще одна категория инвазионных видов включает *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Hippophaë rhamnoides* L. and *Impatiens parviflora* DC. – эти растения активно натурализуются в естественных и полустественных местообитаниях, но не образуют одновидовых зарослей [10] (рис. 4).

Значения рассчитанных индексов Шеннона ( $H_N = 3,09 \pm 0,36$ ,  $H_B = 2,67 \pm 1,17$ ), трофности ( $5,67 \pm 2,31$ ) и сапробности ( $2,48 \pm 0,89$ ) позволили отнести воды в исследуемых водоемах и водотоках к переходным от мезо- к эвтрофному типу (умеренно загрязненные и загрязненные воды). Были выявлены изменения в зоопланктоне, которые проявились в увеличении общей биомассы, снижении видового и удельного богатства, увеличении биомассы ракообразных и коловраток. Эти процессы сходны с изменениями, происходящими обычно при антропогенном эвтрофировании водоемов и водотоков. Вероятно, ухудшение качества воды связано с избыточным поступлением в результате деятельности человека в водоемы и водотоки «биогенных элементов», в первую очередь соединений азота и фосфора.

Другим показателем эвтрофирования озер и рек является резкое увеличение численности коловраток из семейств Brachionidae (*Brachionus angularis angularis* Gosse, 1851, *B. calyciflorus calyciflorus* Pallas, 1776, *Brachionus diversicornis diversicornis* (Daday, 1883), *Keratella cochlearis tecta* (Gosse, 1851)) и Trichocercidae (*Trichocerca cylindrica* (Imhof, 1891), *Trichocerca capucina* (Wierzejski & Zacharias, 1893)), ветвистоусых ракообразных *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia cucullata* и некоторых других видов. При устойчивом видовом составе – смену доминант.

### Заключение

Территория экопарка «Самарская Венеция» в целом сохранила признаки первоначальных биотопов, но при этом претерпевает высокую степень антропогенной трансформации. Ее расположение в урбанизированном районе делает природные комплексы экопарка, с одной стороны, уязвимыми к антропогенному воздействию, но с другой – открывает возможности по их использованию:

- в просветительских и образовательных целях;
- в качестве площадки для мониторинга за сукцессионными изменениями биоты;
- площадки для культивирования редких видов с целью их дальнейшей реинтродукции.

### Список литературы

- [1] Aronson M.F.J., La Sorte F.A., Nilon C.H., Katti M., Goddard M.A., Lepczyk C.A., Warren P.S., Williams N.S.G., Cilliers S., Clarkson B., Dobbs C., Dolan R., Hedblom M., Klotz S., Kooijmans J.L., Kühn I., MacGregor-Fors I., McDonnell M., Mörtberg U., Pyšek P., Siebert S., Sushinsky J., Werner P., Winter M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers // Proc. R. Soc. B. 2014. Vol. 281. Issue 1780. 20133330. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- [2] Hawkins B.A., Field R., Cornell H.V., Currie D.J., Guegan J.-F., Kaufman D.M., Kerr J.T., Mittelbach G.G., Oberdorff T., O'Brien E.M., Porter E.E., Turner J.R.G.

- Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness // *Ecology*. 2003. Vol. 84. Pp. 3105–3117.
- [3] Kreft H., Jetz W. Global patterns and determinants of vascular plant diversity // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. Pp. 5925–5930. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0608361104>
- [4] Щербаков А.В., Майоров С.Р. Полевое изучение флоры и гербаризация растений. Летняя учебно-производственная практика по ботанике: в 2 ч. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 2006. 84 с.
- [5] Сенатор С.А., Васюков В.М. Конспект чужеродных растений Среднего Поволжья // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2019. Т. XIII. № 4. С. 353–396. <http://dx.doi.org/10.24411/2072-8816-2019-10057>
- [6] Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- [7] Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т. Т. 1. Зоопланктон. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.
- [8] Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
- [9] Красная книга Самарской области: в 2 т. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Самара, 2017. 384 с.
- [10] Senator S.A., Saksonov S.V., Vasyukov V.M., Rakov N.S. Invasive and potentially invasive plants of the Middle Volga Region // *Russian Journal of Biological Invasions*. 2017. No. 1. Pp. 57–69. <http://dx.doi.org/10.1134/S2075111717020084>
- [11] Понов А.И. Зоопланктон Саратовского водохранилища: общие сведения и роль биоинвазивных видов // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2006. Т. 8. № 1. С. 263–272.

## References

- [1] Aronson MFJ, La Sorte FA, Nilon CH, Katti M, Goddard MA, Lepczyk CA, Warren PS, Williams NSG, Cilliers S, Clarkson B, Dobbs C, Dolan R, Hedblom M, Klotz S, Kooijmans JL, Kühn I, MacGregor-Fors I, McDonnell M, Mörtberg U, Pyšek P, Siebert S, Sushinsky J, Werner P, Winter M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc. B*. 2014;281(1780):20133330. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- [2] Hawkins BA, Field R, Cornell HV, Currie DJ, Guegan J-F, Kaufman DM, Kerr JT, Mittelbach GG, Oberdorff T, O'Brien EM, Porter EE, Turner JRG. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*. 2003;84:3105–3117.
- [3] Kreft H, Jetz W. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007;104:5925–5930. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0608361104>
- [4] Shcherbakov AV, Mayorov SR. *Flora field study of and plants herbarization. Summer training and production practice in botany* (part 1). Moscow: Moscow State University; 2006. (In Russ.)
- [5] Senator SA, Vasjukov VM. Synopsis of alien plants of the Middle Volga Region. *Phytodiversity of Eastern Europe*. 2019;XIII(4):353–396. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.24411/2072-8816-2019-10057>
- [6] *Methodology for studying biogeocenoses of inland reservoirs*. Moscow: Nauka Publ.; 1975. (In Russ.)
- [7] *Determinant of zooplankton and freshwater zoobenthos of European Russia. Vol. 1. Zooplankton*. Moscow: KMK Scientific Press; 2010. (In Russ.)
- [8] Kutikova LA. *Rotifers fauna of the USSR*. Leningrad: Nauka Publ.; 1970. (In Russ.)
- [9] *Red Data Book of Samara Region. Vol. 1. Plants and Fungi*. Samara: Samara Region State Academy Press; 2017. (In Russ.)

- [10] Senator SA, Saksonov SV, Vasyukov VM, Rakov NS. Invasive and potentially invasive plants of the Middle Volga Region. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2017;1:57–69. <http://dx.doi.org/10.1134/S2075111717020084>
- [11] Popov AI. Zooplankton of Saratovskoe reservoir: general data and influence of invasive species. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2006;8(1):263–272. (In Russ.)

**Сведения об авторах:**

*Сенатор Степан Александрович*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, Российская академия наук. E-mail: stsenator@yandex.ru

*Мухортובה Оксана Владимировна*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Института экологии Волжского бассейна, Российская академия наук; доцент, Институт инженерной и экологической безопасности, Тольяттинский государственный университет. E-mail: muhortova-o@mail.ru

*Нурова Оксана Геннадьевна*, кандидат исторических наук, доцент, Институт инженерной и экологической безопасности, Тольяттинский государственный университет. E-mail: Safety@tltsu.ru

*Сопина Кристина Владиславовна*, студент Института инженерной и экологической безопасности, Тольяттинский государственный университет. E-mail: Safety@tltsu.ru

**Bio notes:**

*Stepan A. Senator*, Candidate of Biological Sciences, scientist researcher, Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences. E-mail: stsenator@yandex.ru

*Oksana V. Mukhortova*, Candidate of Biological Sciences, scientist researcher, Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences; Associate Professor, Institute of Engineering and Environmental Safety, Togliatti State University. E-mail: muhortova-o@mail.ru

*Oksana G. Nurova*, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Institute of Engineering and Environmental Safety, Togliatti State University. E-mail: Safety@tltsu.ru

*Kristina V. Sopina*, student, Institute of Engineering and Environmental Safety, Togliatti State University. E-mail: Safety@tltsu.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-32-38

УДК 599.322.2:574.34

Научная статья / Research article

## Анализ изменения биологического разнообразия в границах памятника природы «Серебряный бор» на примере редких и охраняемых видов животных

А.А. Сорокина✉, В.М. Зубкова

Российский государственный социальный университет,  
Российская Федерация, 129226, Москва, ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1

✉ soroka612@yandex.ru

**Аннотация.** Приводятся данные по анализу изменения численности редких видов птиц, млекопитающих и пресмыкающихся, обитающих в границах особо охраняемой природной территории – памятника природы «Серебряный бор» за 2018–2020 гг. В исследовании применялись метод визуального учета, зимний маршрутный учет, методика маршрутного учета птиц Е.С. Равкина. В результате обнаружены редкие виды животных, находящиеся под угрозой исчезновения и занесенные в Красную книгу, что обосновывает необходимость использования природоохранных мероприятий в границах природной территории для сохранения их в будущем.

**Ключевые слова:** особо охраняемая природная территория, биологическое разнообразие, редкие виды, категория редкости, учеты объектов животного мира

**История статьи:** поступила в редакцию 25.01.2021; принята к публикации 31.01.2021.

**Для цитирования:** Сорокина А.А., Зубкова В.М. Анализ изменения биологического разнообразия в границах памятника природы «Серебряный бор» на примере редких и охраняемых видов животных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 32–38. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-32-38>

## Analysis of changes in biological diversity within the boundaries of the nature monument “Serebryany Bor” on the example of rare and protected animal species

Anna A. Sorokina✉, Valentina M. Zubkova

Russian State Social University,  
4 Vilgelma Pika St, bldg 1, Moscow, 129226, Russian Federation

✉ soroka612@yandex.ru

**Abstract.** The data on the analysis of changes in the number of rare species of birds, mammals and reptiles living within the boundaries of the specially protected natural territory – the natural monument “Serebryany Bor” for 2018–2020 is presented. The research used

© Сорокина А.А., Зубкова В.М., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

the method of visual accounting, winter route accounting, the method of route accounting of birds by E.S. Ravkin. As a result, rare species of animals listed in the Red Book were found, which indicates the biological diversity of the studied territory and justifies the need to use environmental measures within its borders to preserve rare species in the future.

**Keywords:** specially protected natural area, biological diversity, rare species, category of rarity, records of objects of the animal world

**Article history:** received 25.01.2021; revised 31.01.2021.

**For citation:** Sorokina AA, Zubkova VM. Analysis of changes in biological diversity within the boundaries of the nature monument “Serebryany Bor” on the example of rare and protected animal species. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):32–38. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-32-38>

## Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) в границах города Москвы играют ключевую роль в вопросе сохранения биологического разнообразия и уникальных природных экосистем города<sup>1</sup>. Охрана и сохранение редких видов животных возможны с помощью постоянных наблюдений за их численностью, средой обитания и изменениями в окружающей среде [1].

Памятник природы «Серебряный бор» (ПП «Серебряный бор») имеет статус ООПТ<sup>2</sup>, он расположен в Северо-Западном административном округе Москвы в районе Хорошево-Мневники [2].

Общая площадь ПП «Серебряный бор» – 328,6 га, из которых 202 га являются ООПТ. Зеленые насаждения на ООПТ занимают 144,18 га (43,8 %), водные объекты – 18,72 га (6,2 %). Остальные 165,7 га (около 50 % от общей площади острова) – это владения сторонних землепользователей, рекреационные, прогулочные, административно-хозяйственные и иные объекты, не относящиеся к ООПТ<sup>3</sup>.

В результате изучения данных учетов объектов животного мира на территории ПП «Серебряный бор» за предыдущие годы (с 2012 по 2017 включительно) было выявлено, что системный и комплексный анализы биологического разнообразия и редких и охраняемых видов животных практически полностью отсутствуют.

В связи с этим целью исследования явилось системное проведение комплексных учетов объектов животного мира. Информация, полученная в ходе учетов, может быть использована для осуществления природоохранных целей, в том числе для выпуска новой актуализированной редакции Красной книги города Москвы в 2019 г.

<sup>1</sup> Четвертый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2009. 174 с.

<sup>2</sup> О комплексном развитии и системе управления территории «Серебряный Бор»: постановление Правительства Москвы от 19.09.1995 г. № 783.

<sup>3</sup> Об особо охраняемых природных территориях: федеральный закон (принят Государственной Думой 14.03.1995 г.) // Собрание законодательства РФ. 1995. № 12.

## Методы исследования

В период с 2018 по 2020 г. проведено более 65 учетов объектов животного и растительного мира. Учеты проводились по различным маршрутам, охватывающим разнообразные биотопы, с целью получения наиболее достоверных данных по наличию и количеству объектов. Применялись метод визуального учета [3], зимний маршрутный учет [4], методика маршрутного учета птиц Е.С. Равкина [5].

Длина каждого из маршрутов составляла не менее 4 км, учеты проводились в течение всего года, что связано с различной сезонной активностью птиц, млекопитающих и пресмыкающихся, а также со спецификой методики по учету млекопитающих – возможностью определения их отдельных видов по следам на снежном покрове.

В ходе проведенных учетов было зафиксировано множество редких и охраняемых видов. В Красной книге города Москвы у каждого вида есть категория редкости:

- категория 0 – исчезнувшие виды;
- категория 1 – виды, находящиеся под угрозой исчезновения;
- категория 2 – редкие или малочисленные виды с сократившейся или сокращающейся численностью;
- категория 3 – уязвимые виды;
- категория 4 – виды неопределенного статуса;
- категория 5 – восстановившиеся виды<sup>4</sup>.

Зафиксировано следующее количество видов: категория 1 – 1 вид млекопитающих; категория 2 – 5 видов птиц, 1 вид млекопитающих, 1 вид пресмыкающихся; категория 3 – 4 вида птиц; категория 5 – 1 вид птиц.

Также существует перечень видов животных, растений и грибов, не занесенных в Красную книгу города Москвы, но нуждающихся на территории города Москвы в постоянном контроле и наблюдении (Приложение к Красной книге города Москвы). Из таких видов найден один, относящийся к пресмыкающимся.

## Результаты и обсуждение

Наибольшее видовое разнообразие птиц приурочено к озеру Бездонному, которое занимает площадь около 16–17 га. К нему примыкает крупнейшее в Москве тростниковое болото, что также обеспечивает наличие редких видов, которые не обитают в границах других биотопов. На рис. 1 и 2 представлены фотографии редких видов птиц.

Пресмыкающиеся, выявленные в ходе учетов (обыкновенный уж и болотная черепаха), также предпочитают влажные участки, в том числе и пруд «Копань». Болотная черепаха обитает только в этом пруду, она не имеет категории редкости, но занесена в Приложение к Красной книге города Москвы. Фотографии пресмыкающихся представлены на рис. 3.

---

<sup>4</sup> О Красной книге города Москвы: постановление Правительства Москвы от 19.02.2013 г. № 79-ПП.



**Рис. 1.** Редкие виды птиц:  
a – *Sterna hirundo*; b – *Dryocopus martius*; c – *Aythya fuligula*  
**Figure 1.** Rare species of birds:  
a – *Sterna hirundo*; b – *Dryocopus martius*; c – *Aythya fuligula*



**Рис. 2.** Редкие виды птиц:  
a – *Gallinula chloropus*; b – *Accipiter nisus*; c – *Aegithalos caudatus*  
**Figure 2.** Rare species of birds:  
a – *Gallinula chloropus*; b – *Accipiter nisus*; c – *Aegithalos caudatus*



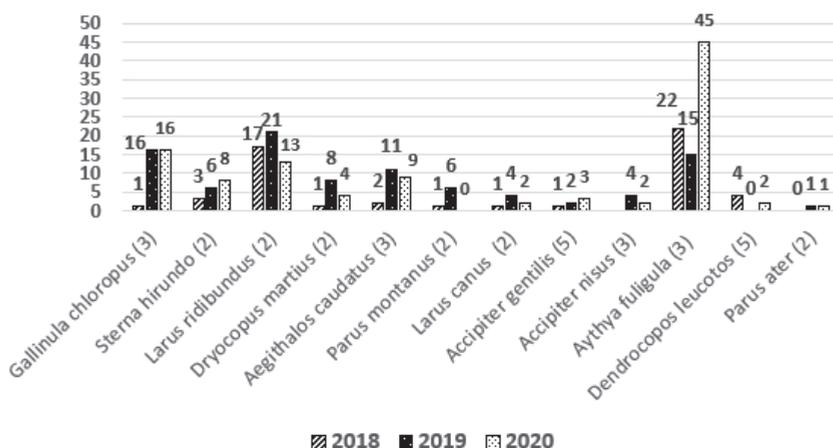
**Рис. 3.** Редкие виды пресмыкающихся:  
a, b – *Emys orbicularis*; c – *Natrix natrix*  
**Figure 3.** Rare species of reptiles:  
a, b – *Emys orbicularis*; c – *Natrix natrix*

Так как учет млекопитающих проводить обычным визуальным способом трудоемко ввиду их пугливости и скрытности, существует общепринятая методика зимнего маршрутного учета, где основным признаком, указывающим на наличие млекопитающих в данной местности, являются их следы, оставленные на снежном покрове. Определение принадлежности следов осуществляли с помощью энциклопедического справочника-определителя В.М. Гудкова [6]. На рис. 4 приведены следы зайца-русака.

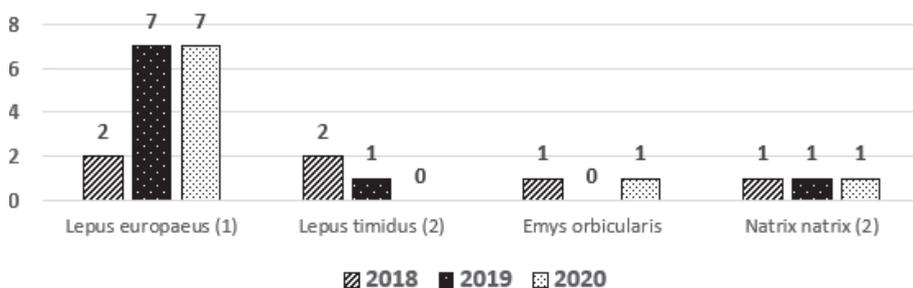
По результатам анализа полученных в ходе учетов данных составлены сравнительные графики, которые показывают изменения численности редких видов по годам (рис. 5 и 6). На рис. 5 представлена динамика численности охраняемых видов птиц.



**Рис. 4.** Следы редких видов млекопитающих: *Lepus europaeus*  
**Figure 4.** Traces of rare species of mammals: *Lepus europaeus*



**Рис. 5.** Изменения численности редких и охраняемых видов птиц на территории ПП «Серебряный бор»  
**Figure 5.** Changes in the number of rare and protected bird species in the territory of the “Serebryany Bor”



**Рис. 6.** Изменения численности редких и охраняемых видов млекопитающих и пресмыкающихся на территории ПП «Серебряный бор»  
**Figure 6.** Changes in the number of rare and protected species of mammals and reptiles in the territory of the “Serebryany Bor”

Можно отметить, что такие виды, как *Gallinula chloropus*, *Sterna hirundo*, *Larus ridibundus*, *Dryocopus martius*, *Aegithalos caudatus*, *Larus canus*, *Accipiter gentilis*, *Accipiter nisus*, *Aythya fuligula* и *Parus ater* увеличили свою численность в 2019 и 2020 гг. по сравнению с 2018 г. В условиях 2020 г. от-

мечено исчезновение *Parus montanus*, а количество особей вида *Dendrocopos leucotos* колебалось от 4 в 2018 г. до 0 и 2 в 2019 и 2020 гг. соответственно.

На рис. 6 представлена численность охраняемых видов млекопитающих и пресмыкающихся.

Исследования показывают, что наблюдается стабильный рост численности *Lepus europaeus* в 2019 и 2020 гг., в 2020 г. отмечено исчезновение вида *Lepus timidus*, в 2019 г. – *Emys orbicularis*, последний снова зафиксирован в ходе учетов в 2020 г., количество *Natrix natrix* в период исследований не менялось.

### Заключение

Представленные данные свидетельствуют о том, что в 2019 и 2020 гг. встречаемость большинства редких птиц, а также млекопитающих вида *Lepus europaeus* возростала.

Это может быть связано прежде всего:

– с ухудшением экологической обстановки на других природных территориях в 2018–2019 гг., где раньше обитали редкие виды, в связи с чем они были вынуждены переместиться в ПП «Серебряный бор» [7];

– уменьшением антропогенной нагрузки на природную территорию в 2020 г., обусловленным пандемией COVID-19, особенно в гнездово-выводковый период.

Таким образом, на основе проведенных исследований и анализа полученных данных можно сделать вывод, что многие виды животных восстанавливают свою численность, тем не менее некоторые виды постепенно исчезают с природных территорий. Необходимо принимать меры для их сохранения и дальнейшего восстановления уникальных видов, в том числе проводить своевременную актуализацию Красной книги города Москвы и осуществлять постоянные комплексные и системные учеты объектов животного мира на ООПТ и, в частности, в памятнике природы «Серебряный бор» [2].

### Список литературы

- [1] Кашин В.И. Природные ресурсы как часть национальных богатств России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009. № 5. С. 3–7.
- [2] Сорокина А.А. Динамика численности редких и охраняемых видов травянистых растений на территории Памятника природы регионального значения «Серебряный бор» // Современная наука. 2020. № 2. С. 56–62.
- [3] Боголюбов А.С. Методы учетов численности птиц: маршрутные учеты: методическое пособие. М.: Экосистема, 1996. 17 с.
- [4] Мирутенко В.С. Методические рекомендации по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учета охотничьих животных в России (с алгоритмами расчета численности). М.: Росинформагротех, 2009. 56 с.
- [5] Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М.: Типография ХОЗУ Минстройматериалов СССР, 1990. 33 с.
- [6] Гудков В.М. Следы зверей и птиц: энциклопедический справочник-определитель. М.: Вече, 2007. 592 с.
- [7] Рысин С.Л. Динамика и устойчивость рекреационных лесов. М.: Изд-во научных изданий КМК, 2006. 165 с.

## References

- [1] Kashin VI. Natural resources as part of Russia's National Wealth. *Ispolzovanie i Okhrana Prirodnikh Resursov v Rossii*. 2009;(5):3–7. (In Russ.)
- [2] Sorokina AA. Dynamics of the number of rare and protected species of herbaceous plants in the territory of the Nature Monument of Regional Significance “Serebryany Bor”. *Sovremennaya Nauka*. 2020;(2):56–62. (In Russ.)
- [3] Bogolyubov AS. *Methods of accounting for the number of birds: route accounting: methodological guide*. Moscow: Ekosistema Publ.; 1996. (In Russ.)
- [4] Mirutenko VS. Methodological recommendations for the organization, conduct and processing of data on the winter route accounting of hunting animals in Russia (with algorithms for calculating the number). Moscow: Rosinformagroteh Publ.; 2009. (In Russ.)
- [5] Ravkin ES, Chelincev NG. *Methodological recommendations for integrated route accounting of birds*. Moscow: Tipografiya HOZU Ministroimaterialov SSSR Publ.; 1990. (In Russ.)
- [6] Gudkov VM. *Traces of animals and birds: encyclopedic reference guide-determinant*. Moscow: Veche Publ.; 2007. (In Russ.)
- [7] Risin SL. *Dynamics and sustainability of recreational forests*. Moscow: Izdatelstvo nauchnih izdaniy KMK Publ.; 2006. (In Russ.)

### Сведения об авторах:

*Сорокина Анна Алимджановна*, аспирант, кафедра техносферной безопасности и экологии, факультет экологии и техносферной безопасности, Российский государственный социальный университет. E-mail: soroka612@yandex.ru

*Зубкова Валентина Михайловна*, доктор биологических наук, профессор, кафедра техносферной безопасности и экологии, факультет экологии и техносферной безопасности, Российский государственный социальный университет. E-mail: vmzubkova@yandex.ru

### Bio notes:

*Anna A. Sorokina*, postgraduate student, Department of Technosphere Safety and Ecology, Faculty of Ecology and Technosphere Safety, Russian State Social University. E-mail: soroka612@yandex.ru.

*Valentina M. Zubkova*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Technosphere Safety and Ecology, Faculty of Ecology and Technosphere Safety, Russian State Social University. E-mail: vmzubkova@yandex.ru

## ГЕОЭКОЛОГИЯ GEOECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-39-54

УДК 551.583

Научная статья / Research article

### Динамика температуры воздуха в основных типах региональных экосистем горного Крыма

Р.В. Горбунов<sup>1</sup>, В.А. Табунщик<sup>1</sup>,  
Т.Ю. Горбунова<sup>1,2</sup>, М.С. Сафонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,  
Российская Федерация, 299011, Севастополь, пр-кт Нахимова, д. 2

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов,  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

✉ [mari\\_malashina@bk.ru](mailto:mari_malashina@bk.ru)

**Аннотация.** Изменение климата в Крыму характеризуется пространственной неоднородностью смещения полей температуры воздуха, обусловленной влиянием региональных и местных факторов. В настоящее время отсутствуют работы, посвященные изучению реакции региональных экосистем на изменение температуры воздуха в Крыму. В работе на основе открытых баз данных реанализа, геоинформационного моделирования представлены результаты исследований динамики температуры воздуха в основных типах экосистем Горного Крыма в условиях изменения климата. Для каждой циркуляционной эпохи и периода Северного полушария получены карты среднегодовых температур по ландшафтным контурам Крымского полуострова. Построена карта стандартного отклонения температуры в пределах ландшафтных контуров. Для ключевых участков рассчитаны значения среднегодовых значений температуры воздуха, стандартного отклонения и величины факторной энтропии. Выявлены основные закономерности динамики температуры воздуха в основных типах экосистем Горного Крыма при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. На основании анализа динамики стандартного отклонения и факторной энтропии показана роль изменения температуры воздуха в формировании стратегий развития или стабилизации основных типов региональных экосистем Горного Крыма.

**Ключевые слова:** температура воздуха, экосистема, ландшафт, Крымский полуостров, Горный Крым, стратегия развития, стратегия стабилизации

**Благодарности и финансирование.** Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ, регистрационный номер 121040100327-3, а также при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

© Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Горбунова Т.Ю., Сафонова М.С., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**История статьи:** поступила в редакцию 15.05.2021; принята к публикации 15.06.2021.

**Для цитирования:** Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Горбунова Т.Ю., Сафонова М.С. Динамика температуры воздуха в основных типах региональных экосистем горного Крыма // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 39–54. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-39-54>

## Dynamics of air temperature in the main types of mountain Crimea regional ecosystems

Roman V. Gorbunov<sup>1</sup> , Vladimir A. Tabunshchik<sup>1</sup> ,  
Tatyana Yu. Gorbunova<sup>1,2</sup> , Maria S. Safonova<sup>1</sup>  

<sup>1</sup>*A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,  
2 Nakhimova Prospekt, Sevastopol, 299011, Russian Federation*  
<sup>2</sup>*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),  
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

✉ [mari\\_malashina@bk.ru](mailto:mari_malashina@bk.ru)

**Abstract.** Climate change in Crimea is characterized by spatial heterogeneity in the displacement of air temperature fields, due to the influence of regional and local factors. There are currently no works devoted to the study of the reaction of regional ecosystems to changes in air temperature in Crimea. Based on open databases of reanalysis, geoinformation modeling the results of studies of the dynamics of air temperature in the main types of ecosystems of the Mountain Crimea under conditions of climate change are presented. For each circulation epoch and period of the Northern Hemisphere, maps of average annual temperatures were obtained along the landscape contours of the Crimean Peninsula. A map of the standard deviation of temperature within the landscape contours was made. For key areas, the mean annual air temperature, standard deviation, and factorial entropy were calculated. The main regularities of air temperature dynamics in the main types of Mountain Crimea ecosystems with the change of circulation epochs and periods of the Northern Hemisphere are revealed. Based on the analysis of the dynamics of the standard deviation and factor entropy, the role of changes in air temperature in the formation of strategies for the development or stabilization of the main types of regional ecosystems in Mountain Crimea is shown.

**Keywords:** air temperature, ecosystem, landscape, Crimean peninsula, Mountain Crimea, development strategy, stabilization strategy

**Acknowledgements and Funding.** The work was carried out on the topic by the state assignment of the Institute of Biology of the Southern Seas of the Russian Academy of Sciences, registration number 121040100327-3, as well as with the support of the Strategic Academic Leadership Program of the RUDN University.

**Article history:** received 15.05.2021; revised 15.06.2021.

**For citation:** Gorbunov RV, Tabunshchik VA, Gorbunova TYu, Safonova MS. Dynamics of air temperature in the main types of mountain Crimea regional ecosystems. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):39–54. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-39-54>

### Введение

Изменение температуры воздуха в Крыму определяется ее повышением на 1 °С, что произошло в последний циркуляционный период Северного полушария. Это явление достаточно широко освещено в предыдущих работах [1–3].

Однако данное изменение происходит не синхронно, а достаточно сильно дифференцировано по территории Крымского полуострова, что определяется региональными и местными факторами. Вместе с тем в пределах каждого ландшафтного контура происходит внутренняя дифференциация факторного пространства, определяющая стратегию его развития [4]. Речь идет о том, что, помимо изменения значений температуры в каждой точке пространства, для ландшафтного контура формируются условия, при которых изменяются внутриландшафтные пространственные амплитуды значений температуры и сложность факторного рисунка, а соответственно, либо формируются условия для его развития, либо, наоборот, изменение данного конкретного фактора способствует стабилизации внутриландшафтных процессов. Наилучшим показателем, отражающим эти явления, является изменение стандартного отклонения и факторной энтропии ландшафтного контура, под которой мы понимаем неоднородность факторного пространства, формируемого в пределах операционно-территориальной единицы. В данном случае подразумевается внутриландшафтная энтропия полей температуры воздуха. Если величина энтропии при смене циркуляционной эпохи или периода увеличивается, то фактически происходит формирование условий для усиления внутриландшафтной дифференциации. Если же мы наблюдаем снижение значений факторной энтропии, то можно говорить о стабилизации системы. Естественно, при этом накладываются иные процессы, которые могут быть усилены изменением значений температуры, например увеличение испарения и др. Кроме того, эти изменения формируются, как правило, извне ландшафтного контура, имеют место межландшафтные взаимодействия. Вместе с тем изучение внутриландшафтной факторной энтропии наряду с изменением значений фактора позволяет определить роль этого фактора в стратегии развития конкретного ландшафтного контура.

Таким образом, **цель исследования** заключается в анализе изменчивости температуры воздуха в основных типах региональных экосистем Горного Крыма в условиях изменения климата.

## Материал и методы

В качестве операционно-территориальных единиц исследования были выбраны ландшафтные контуры, представленные на ландшафтно-типологической карте Г.Е. Гришанкова [5]. Характеристика выбранных ключевых участков представлена в табл. 1.

Для описания влияния циркуляции атмосферы на пространственно-временную динамику полей температуры воздуха использовалась классификация элементарных циркуляционных механизмов, предложенная Б.Л. Дзердзеевским с соавт. [6; 7]. Изучение пространственно-временной динамики температуры воздуха основывалось на получении среднемноголетних карт рассматриваемых характеристик для каждой циркуляционной эпохи и периода. Климатические данные<sup>1</sup> были сгенерированы с помощью программного пакета ClimateEU v4.63, доступного по адресу <http://tinyurl.com/ClimateEU>, на основе методологии, описанной в [8].

---

<sup>1</sup> Climate data for North America, South America, and Europe. URL: <https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data.html> (дата обращения: 13.04.2021).

С целью расчета среднесуточной температуры воздуха и факторной энтропии полученные карты среднегодовых температур соотнесены с ландшафтно-типологической картой Г.Е. Гришанкова [5]. Для каждого ландшафтного контура рассчитаны среднесуточные значения температуры воздуха за каждую циркуляционную эпоху и период, а также значения стандартного отклонения.

Таблица 1

**Характеристика выбранных ландшафтных контуров  
для изучения динамики температуры воздуха региональных экосистем горного Крыма**

Макросклон	Ландшафтный уровень	Тип лесной экосистемы	
<i>Дубовые леса</i>			
		Скальнодубовые	Пушистодубовые
Северный	Низкогорье	54. Низкогорные куэстовые сильно расчлененные возвышенности с дубовыми лесами	46. Мелкогорно-куэстовые возвышенности с зарослями типа «дубки» и разнотравными степями
	Среднегорье	71. Структурные наклонные слабо расчлененные равнины с дубовыми и смешанными широколиственными лесами	
Южный	Низкогорье		120. Эрозионное, овражно-балочное ступенчато-склоновое низкогорье с дубовыми лесами и шибляковыми зарослями
	Среднегорье	92. Среднегорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал, с дубовыми, грабово-дубовыми лесами и лесокустарниковыми зарослями	
<i>Хвойные леса</i>			
		Сосновые	Можжевеловые
Северный	Среднегорье		57. Эрозионное мелкогорье с можжевелово-дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями
Южный	Среднегорье	93. Среднегорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал с дубово-сосновыми и сосновыми лесами	
	Низкогорье	118. Эрозионное древнеоползневое ступенчато-склоновое низкогорье с сосновыми лесами	108. Эрозионное низкогорье амфитеатров с сосново-можжевеловыми и дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами
<i>Буковые леса</i>			
Северный	Среднегорье	75. Структурные наклонные слабо расчлененные равнины с буковыми и смешанными широколиственными лесами	
Южный	Среднегорье	101. Среднегорный ступенчато-склоновый с буковыми и смешанными широколиственными лесами	
<i>Яйлинские ландшафты</i>			
	Среднегорье	80. Денудационное волнистое плато с широким развитием карстовых форм с горно-луговыми степями	
		85. Останцово-денудационное расчлененное плато с горными лугами	

Table 1

**Characteristics of selected landscape contours for studying of air temperature dynamics of mountain Crimea regional ecosystems**

Macroslope	Landscape level	Forest ecosystem type	
<i>Oak forests</i>			
		<i>Quercus petraea</i> forests	<i>Quercus pubescens</i> forests
Northern	Low-mountain relief	54. Low-mountain, cuesta, strongly dissected elevations under oak forests	46. Small-mountain, cuesta elevations under “dubki” skrubs type and forb steppe
	Middle-mountain relief	71. Structural, inclined, slightly dissected plains under oak and mixed broad-leaved forests	
Southern	Low-mountain relief		120. Eroded, ravine-beam step-sloped low-mountain relief under oak forests and sheblyak scrubs
	Middle-mountain relief	92. Middle-mountain, step-sloped relief with rock outcrop in the form of cliff under oak, hornbeam-oak forests and forest-shrub thicket	
<i>Coniferous forests</i>			
		Pine forests	Juniper forests
Northern	Middle-mountain relief		57. Eroded small-mountain relief under juniper-oak forests and shrub thickets
Southern	Middle-mountain relief	93. Middle-mountain, step-sloped relief with rock outcrop in the form of cliff under oak-pine and pine forests	
	Low-mountain relief	118. Eroded, ancient landslide step-sloped low-mountain relief under pine forests	108. Eroded low-mountain relief of amphitheaters under pine-juniper and oak forests in conjunction with sheblyak scrubs and phryganoid vegetation
<i>Beech forest</i>			
Northern	Middle-mountain relief	75. Structural, inclined, slightly dissected plains under beech and mixed broad-leaved forests	
Southern	Middle-mountain relief	101. Middle-mountain, step-sloped relief c under beech and mixed broad-leaved forests	
<i>Yayla landscapes</i>			
	Middle-mountain relief	80. Denudation hogbacked plateau with a wide development of karst forms under mountain meadow steppes	
		85. Inselberg-denudation dissected plateau under mountain meadows	

Расчет энтропии факторного пространства осуществлялся для выбранных ключевых участков по формуле

$$E(A) = -\sum \frac{f_i}{\sum f_i} \log_2 \frac{f_i}{\sum f_i},$$

где  $f_i$  – количество точек заданного класса значений;  $\sum f_i$  – количество точек в контуре.

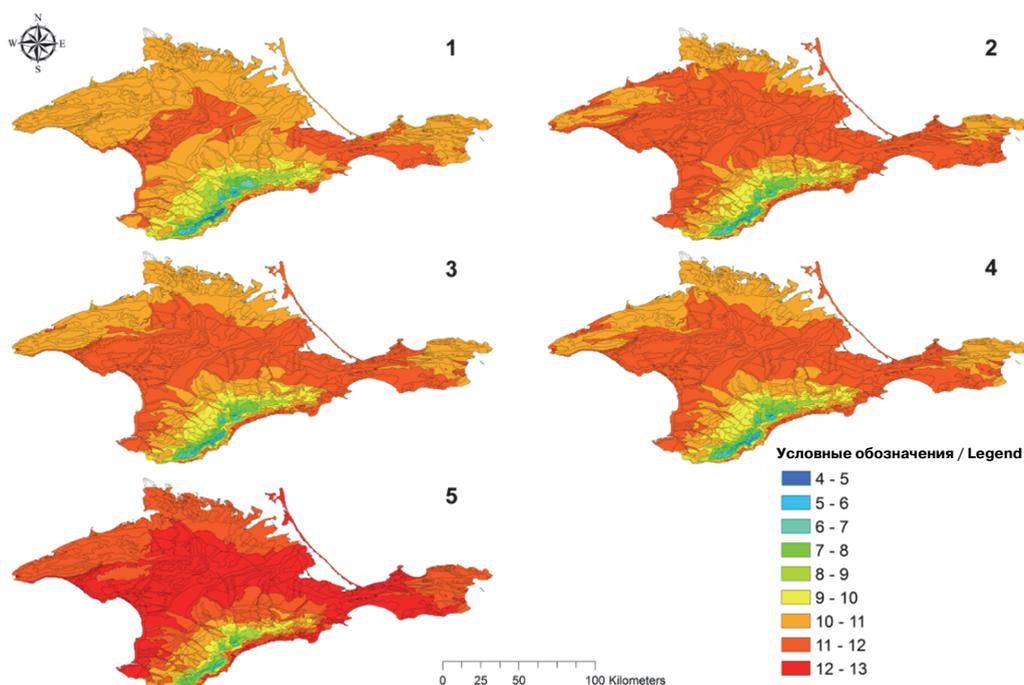
С целью приведения значений энтропии к относительным величинам была рассчитана относительная энтропия

$$E = E(A) / n,$$

где  $n$  – количество выбранных классов.

## Результаты и обсуждение

Изменение температуры воздуха по ландшафтным контурам Крымского полуострова представлено на рис. 1. Для каждого ландшафтного контура получена база данных, отражающая статистические характеристики изменчивости температуры воздуха в условиях смены циркуляционных эпох и периодов Северного полушария.



**Рис. 1.** Средне многолетняя температура воздуха в ландшафтах Крымского полуострова по циркуляционным эпохам и периодам, °С:

1 – зональная циркуляционная эпоха (1916–1956 гг.); 2 – первый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957–1969 гг.); 3 – второй период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1970–1980 гг.); 4 – третий период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981–1997 гг.); 5 – четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2013 гг.)

**Figure 1.** Average long-term air temperature in landscapes of the Crimean Peninsula by circulation epochs and periods, °С:

1 – zonal circulation epoch (1916–1956); 2 – first period of meridional southern circulation epoch (1957–1969); 3 – second period of meridional southern circulation epoch (1970–1980); 4 – third period of meridional southern circulation epoch (1981–1997); 5 – fourth period of meridional southern circulation epoch (1998–2013)

При сравнении показателей средних температур воздуха на Крымском полуострове очевидна общая тенденция изменения – повышение среднегодовых значений температуры при смене зональной циркуляционной эпохи первым периодом меридиональной южной циркуляционной эпохи, снижение температуры во втором периоде меридиональной южной циркуляционной

эпохи и резкое потепление в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи.

Распределение среднегодовых значений температуры воздуха на территории Крымского полуострова можно разделить на три группы по пространственному положению относительно ландшафтной структуры:

- в большинстве своем территория гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней, а также частично низкогорного ландшафтного уровня с максимальными среднегодовыми значениями температуры воздуха;

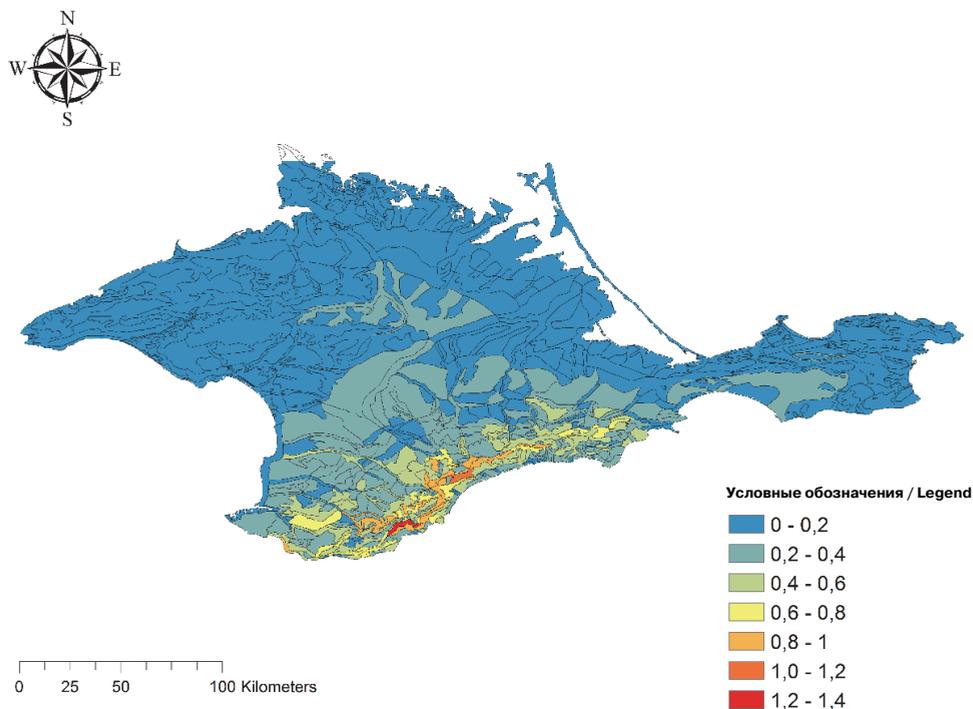
- большая часть низкогорного и среднегорного уровня со средними значениями температур;

- территории яйлинских плато, расположенные в пределах среднегорного ландшафтного уровня, с самыми низкими значениями.

Для территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней, а также частично низкогорного уровня характерно равномерное распределение температур с наибольшими значениями в центральной части Крымского полуострова. В зональную циркуляционную эпоху на большей части характерна температура 10–11 °С. В первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи ситуация меняется, основными значениями становятся 11–12 °С с небольшими зонами в северной части полуострова, в которых значения температуры составляют 10–11 °С. Второй и третий периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи характеризуются незначительным похолоданием. В четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи происходит существенное потепление до 12–13 °С на основной части и 11–12 °С в северной части Крымского полуострова. В пределах низкогорного и среднегорного ландшафтного уровня формируется большее разнообразие температур – от 6 до 10 °С. Повышение значений температуры происходит аналогично, небольшое потепление при смене зональной циркуляционной эпохи меридиональной южной и более существенное – к четвертому периоду меридиональной южной циркуляционной эпохи. При этом распределение температуры внутри зоны происходит от групп местностей низкогорного ландшафтного уровня, с наибольшими значениями температуры, к группам местностей среднегорного ландшафтного уровня, где при увеличении высоты и расчлененности рельефа температура падает. Наиболее холодными являются группы местностей, занятые яйлинскими плато, в пределах среднегорного ландшафтного уровня. На данной территории в зональную циркуляционную эпоху зафиксирована наименьшая температура на полуострове – 4–5 °С. Вследствие общего роста средней температуры с первого по третий периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи минимальный показатель составляет 5–6 °С, а в четвертый период – 6–7 °С.

Практически для всей территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней показатель стандартного отклонения составляет 0–0,2 °С, что объясняется равномерным распределением тепла по поверхности (рис. 2). С усложнением рельефа и высоты над уровнем моря в пределах низкогорного ландшафтного уровня повышается и стандартное отклонение и преобладают группы местностей со значением стандартного отклонения 0,2–0,4 °С, встречаются группы местностей со стандартным отклонением до 0,4–0,6 °С. Территория среднегорного ландшафтного уровня характеризуется максимальным

разнообразием значений стандартного отклонения – от минимальных 0–0,2 °C до максимальных 1,2–1,4 °C, что объясняется сложной ландшафтной структурой данной территории.



**Рис. 2.** Стандартное отклонение значений температуры воздуха по ландшафтным контурам, °C  
**Figure 2.** Standard deviation of air temperature values along landscape contours, °C

Детализируем выявленные закономерности для различных типов региональных экосистем в соответствии с табл. 1. Результаты расчета среднегодовой температуры воздуха, ее стандартного отклонения в пределах контура и значения энтропии по рассматриваемым циркуляционным эпохам и периодам отображены в табл. 2. На рис. 3–5 представлены коробчатые диаграммы, которые показывают минимальные и максимальные значения температуры воздуха, а также среднее значение и медиану значений температуры воздуха в пределах рассматриваемых ключевых участков по пяти рассматриваемым циркуляционным периодам.

Экосистемы дубовых лесов на примере рассматриваемых ключевых участков характеризуются следующими изменениями средних значений температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам. Экосистема пушисто-дубовых лесов низкогорья северного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 46) имеет средние значения температуры воздуха от 10,45 до 11,70 °C (табл. 2), экосистема пушисто-дубовых лесов низкогорья южного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 120) – от 10,28 до 11,50 °C, экосистема скально-дубовых лесов низкогорья северного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 54) – от 9,73 до 10,94 °C, экосистема скально-

дубовых лесов среднегорья северного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 54) – от 8,55 до 9,51 °С, экосистема скально-дубовых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 54) – от 9,14 до 10,32 °С. Как видно из табл. 2, в экосистемах пушисто-дубовых лесов за рассматриваемый временной период средняя температура воздуха поднялась больше, чем в пределах экосистем скально-дубовых лесов, что логично и связано с их пространственной дифференциацией в пределах Горного Крыма.

Таблица 2

**Результаты расчетов среднегодовых значений температуры воздуха, °С, стандартного отклонения и энтропии на территории ключевых участков по циркуляционным эпохам и периодам (условные обозначения 1–5 – в подписи к рис. 1)**

Номер контура	Параметр	Циркуляционные эпохи и периоды				
		1	2	3	4	5
<i>Дубовые леса</i>						
46	Тср	10,45	11,00	10,90	10,82	11,70
	Тст. откл.	0,2621	0,2599	0,2595	0,2625	0,2602
	Е	0,4998	0,3758	0,4959	0,3701	0,4875
54	Тср	9,73	10,26	10,16	10,08	10,94
	Тст. откл.	0,7532	0,7506	0,7483	0,7570	0,7543
	Е	0,3649	0,3572	0,3614	0,3642	0,3601
71	Тср	8,55	9,10	8,99	8,92	9,81
	Тст. откл.	0,3372	0,3348	0,3325	0,3378	0,3374
	Е	0,3941	0,4000	0,3720	0,3905	0,3921
92	Тср	9,14	9,66	9,56	9,47	10,32
	Тст. откл.	0,9146	0,9091	0,9069	0,9166	0,9111
	Е	0,3547	0,3260	0,4098	0,3916	0,4019
120	Тср	10,28	10,80	10,70	10,64	11,50
	Тст. откл.	0,5994	0,5962	0,5950	0,5998	0,5964
	Е	0,3117	0,3134	0,3191	0,3173	0,3126
<i>Хвойные леса</i>						
57	Тср	9,75	10,27	10,17	10,09	10,94
	Тст. откл.	0,2398	0,2376	0,2375	0,2393	0,2375
	Е	0,4121	0,4121	0,4172	0,3478	0,5
93	Тср	7,25	7,79	7,69	7,58	8,45
	Тст. откл.	1,2586	1,2513	1,2481	1,2598	1,2537
	Е	0,2881	0,2886	0,2912	0,2934	0,3125
108	Тср	10,35	10,87	10,76	10,69	11,53
	Тст. откл.	0,4865	0,4817	0,4811	0,4849	0,4811
	Е	0,3875	0,3875	0,3762	0,3934	0,4090
118	Тср	9,27	9,80	9,69	9,60	10,46
	Тст. откл.	1,0019	0,9963	0,9936	1,0035	0,9986
	Е	0,2972	0,2935	0,2887	0,3144	0,3171
<i>Буковые леса</i>						
75	Тср	7,89	8,43	8,33	8,25	9,14
	Тст. откл.	0,3378	0,3359	0,3338	0,3383	0,3376
	Е	0,3938	0,4179	0,3532	0,3888	0,3929
101	Тср	7,19	7,73	7,64	7,55	8,43
	Тст. откл.	0,8489	0,8453	0,8435	0,8505	0,8456
	Е	0,3847	0,3837	0,3837	0,3357	0,3837
<i>Яйлинские ландшафты</i>						
80	Тср	6,76	7,30	7,21	7,12	8,01
	Тст. откл.	0,3626	0,3614	0,3606	0,3635	0,3637
	Е	0,4039	0,4009	0,4039	0,3988	0,4008
85	Тср	4,70	5,26	5,18	5,04	5,93
	Тст. откл.	0,5033	0,5014	0,4993	0,5056	0,5044
	Е	0,3635	0,3563	0,3536	0,3264	0,3077

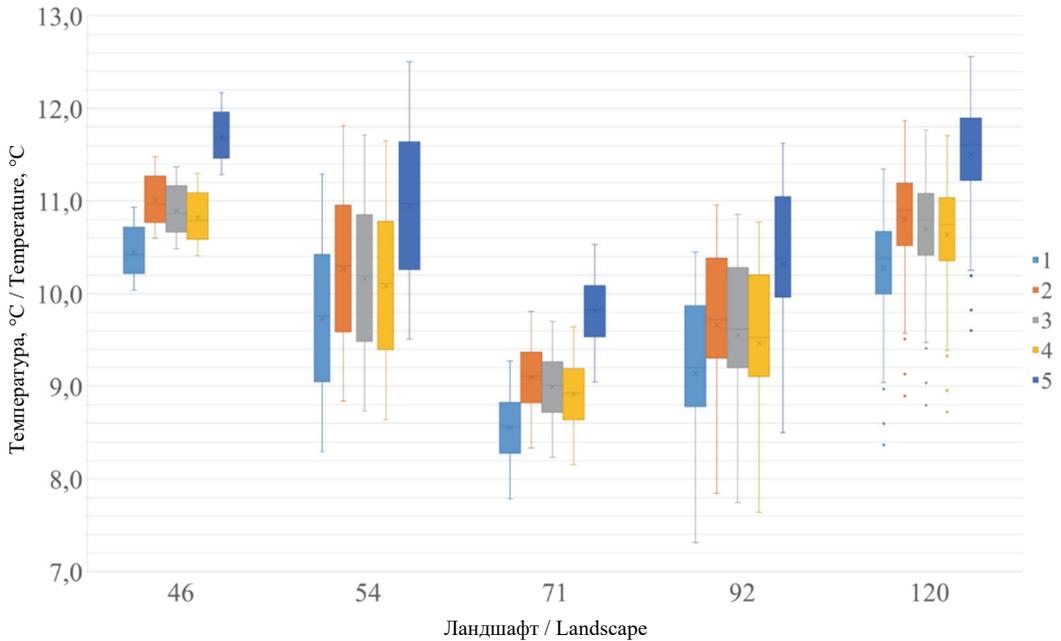
Table 2

**Results of calculating average annual air temperature, °C, standard deviation and entropy on the territory of key areas by circulation epochs and periods (legend 1–5 – in Figure 1)**

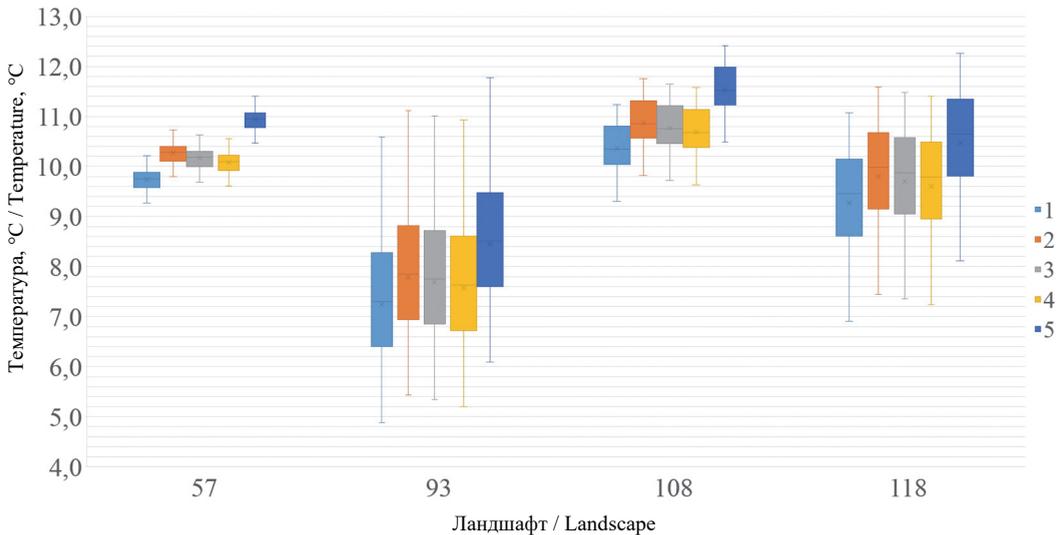
Contour number	Parameter	Circulation epochs and periods				
		1	2	3	4	5
<i>Oak forests</i>						
46	Tav	10.45	11.00	10.90	10.82	11.70
	Tstd	0.2621	0.2599	0.2595	0.2625	0.2602
	E	0.4998	0.3758	0.4959	0.3701	0.4875
54	Tav	9.73	10.26	10.16	10.08	10.94
	Tstd	0.7532	0.7506	0.7483	0.7570	0.7543
	E	0.3649	0.3572	0.3614	0.3642	0.3601
71	Tav	8.55	9.10	8.99	8.92	9.81
	Tstd	0.3372	0.3348	0.3325	0.3378	0.3374
	E	0.3941	0.4000	0.3720	0.3905	0.3921
92	Tav	9.14	9.66	9.56	9.47	10.32
	Tstd	0.9146	0.9091	0.9069	0.9166	0.9111
	E	0.3547	0.3260	0.4098	0.3916	0.4019
120	Tav	10.28	10.80	10.70	10.64	11.50
	Tstd	0.5994	0.5962	0.5950	0.5998	0.5964
	E	0.3117	0.3134	0.3191	0.3173	0.3126
<i>Coniferous forests</i>						
57	Tav	9.75	10.27	10.17	10.09	10.94
	Tstd	0.2398	0.2376	0.2375	0.2393	0.2375
	E	0.4121	0.4121	0.4172	0.3478	0.5
93	Tav	7.25	7.79	7.69	7.58	8.45
	Tstd	1.2586	1.2513	1.2481	1.2598	1.2537
	E	0.2881	0.2886	0.2912	0.2934	0.3125
108	Tav	10.35	10.87	10.76	10.69	11.53
	Tstd	0.4865	0.4817	0.4811	0.4849	0.4811
	E	0.3875	0.3875	0.3762	0.3934	0.4090
118	Tav	9.27	9.80	9.69	9.60	10.46
	Tstd	1.0019	0.9963	0.9936	1.0035	0.9986
	E	0.2972	0.2935	0.2887	0.3144	0.3171
<i>Beech forest</i>						
75	Tav	7.89	8.43	8.33	8.25	9.14
	Tstd	0.3378	0.3359	0.3338	0.3383	0.3376
	E	0.3938	0.4179	0.3532	0.3888	0.3929
101	Tav	7.19	7.73	7.64	7.55	8.43
	Tstd	0.8489	0.8453	0.8435	0.8505	0.8456
	E	0.3847	0.3837	0.3837	0.3357	0.3837
<i>Yayla landscapes</i>						
80	Tav	6.76	7.30	7.21	7.12	8.01
	Tstd	0.3626	0.3614	0.3606	0.3635	0.3637
	E	0.4039	0.4009	0.4039	0.3988	0.4008
85	Tav	4.70	5.26	5.18	5.04	5.93
	Tstd	0.5033	0.5014	0.4993	0.5056	0.5044
	E	0.3635	0.3563	0.3536	0.3264	0.3077

Экосистемы хвойных лесов представлены экосистемами сосновых и можжевеловых лесов. Средние значения температуры воздуха в границах можжевеловых лесов изменяются в пределах от 9,75 до 10,94 °C на ключевом участке можжевелового леса, расположенном на среднегорье северного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 57), и от 10,35 до 11,53 °C на ключевом участке можжевелового леса, расположенном на низкогорье южного макросклона Крымских гор (ландшафтный контур 108). Экосистемы сосновых лесов представлены ключевыми участками, расположенными в пределах среднегорья (ландшафтный контур 93) и низкогорья (ландшафтный контур 118) южного макросклона, где средняя температура воздуха изменяется

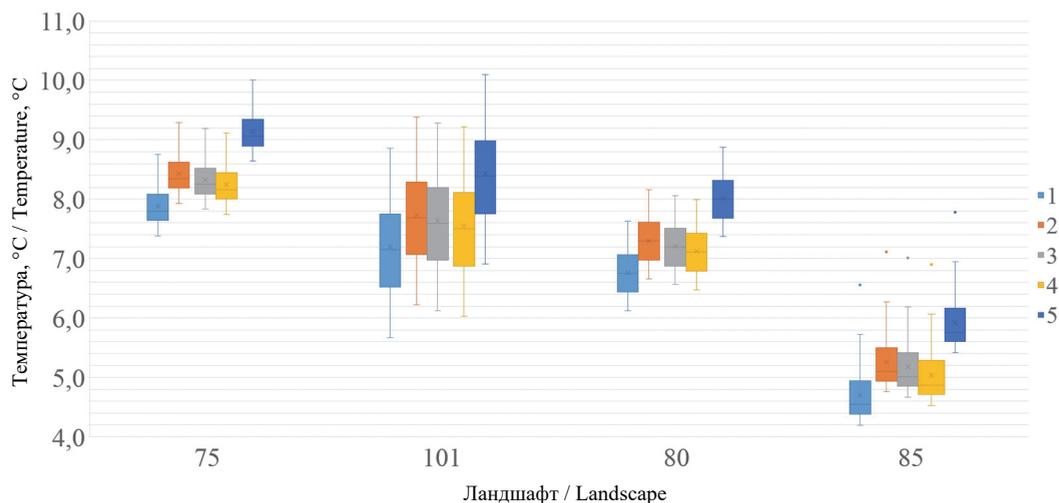
от 9,75 до 10,94 °С и от 10,35 до 11,53 °С соответственно. При этом экосистемы можжевеловых лесов характеризуются более высокими средними значениями температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам, чем экосистемы сосновых лесов, что так же, как и в случае с дубовыми лесными экосистемами определяется более высотным расположением сосновых лесных экосистем.



**Рис. 3.** Распределение температуры воздуха на территории экосистем дубовых лесов – ландшафтные контуры 46, 54, 71, 92, 120 (условные обозначения 1–5 – в подписи к рис. 1)  
**Figure 3.** Distribution of air temperature on the territory of oak forest ecosystems – landscape contours 46, 54, 71, 92, 120 (legend 1–5 – in Figure 1)



**Рис. 4.** Распределение температуры воздуха на территории экосистем хвойных лесов – ландшафтные контуры 57, 93, 108, 118 (условные обозначения 1–5 – в подписи к рис. 1)  
**Figure 4.** Distribution of air temperature on the territory of coniferous forest ecosystems – landscape contours 57, 93, 108, 118 (legend 1–5 – in Figure 1)



**Рис. 5.** Распределение температуры воздуха на территории экосистем буковых лесов – ландшафтные контуры 75, 101 и на территории экосистем яйлинских ландшафтов – ландшафтные контуры 80, 85 (условные обозначения 1–5 – в подписи к рис. 1)

**Figure 5.** Distribution of air temperature on the territory of beech forest ecosystems – landscape contours 75, 101 and on the territory of Yayla landscapes – landscape contours 80, 85 (legend 1–5 – in Figure 1)

Средние значения температуры воздуха для рассматриваемых экосистем буковых лесов изменяются в пределах ключевых участков: ландшафтный контур 75 – от 7,89 до 9,14 °С, ландшафтный контур 101 – от 7,19 до 8,43 °С.

Экосистемы яйлинских ландшафтов имеют самые низкие значения температуры воздуха – от 6,76 до 8,01 °С (ключевой участок, представленный ландшафтным контуром 80) и от 4,70 до 5,93 °С (ключевой участок, представленный ландшафтным контуром 80).

При этом при анализе рис. 3–5 и табл. 2 отчетливо видна динамика температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам. Со сменой зональной циркуляционной эпохи для всех ключевых участков отчетливо виден рост температуры, который достигает максимума в первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи, а затем постепенно снижается во втором периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи и достигает минимальных значений в третьем периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи, после чего следует резкий рост в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи, в результате которого достигаются значения, превышающие значения температуры в предыдущих периодах.

Пространственное распределение значений стандартного отклонения в пределах каждого контура на территории Крымского полуострова нарастает с севера на юг и достигает максимальных значений в пределах Главной гряды Крымских гор и далее уменьшается по направлению к Южному берегу Крыма. Если учесть тот факт, что большее значение стандартного отклонения показывает больший разброс значений в представленном множестве со средней величиной множества, то меньшее значение, соответственно, показывает, что значения в множестве сгруппированы вокруг среднего значения, и представляется возможным принять стандартное отклонение за меру неопределенности для каждого ландшафтного контура. Если рассматривать значения стандартного отклонения в разрезе смены циркуляционных эпох и периодов,

то можно утверждать, что в периоды с большими значениями стандартного отклонения в пределах ключевых участков наблюдаются большая неоднородность проявления температур и их большой разброс. Несмотря на значительный рост средних значений температуры воздуха (более 1 °С), изменение стандартного отклонения происходит на сотые доли градуса Цельсия или практически вообще не происходит. Для большинства ключевых участков стандартное отклонение максимально в зональную циркуляционную эпоху и третий период меридиональной южной циркуляционной эпохи. После зональной циркуляционной эпохи наблюдается существенный спад значений стандартного отклонения в первом и втором периодах меридиональной южной циркуляционной эпохи, рост в третьем и спад в четвертом периодах меридиональной южной циркуляционной эпохи. При этом уменьшение значений стандартного отклонения наблюдается при росте значений температуры.

В пространственном распределении показателя факторной энтропии для ландшафтных контуров не наблюдается четкой закономерности. При этом на примере ключевых участков выявляется, что с изменением температуры воздуха по рассматриваемым циркуляционным эпохам и периодам в единичных случаях повторяется распределение, характерное для распределения стандартного отклонения, а в большинстве остальных случаев при смене зональной циркуляционной эпохи первым периодом меридиональной южной циркуляционной эпохи энтропия снижается и возрастает к четвертому периоду меридиональной южной циркуляционной эпохи.

Если рассматривать экосистемы дубовых лесов, то на всех рассматриваемых ключевых участках происходит однотипная смена значений стандартного отклонения – планомерное снижение, начиная с зональной циркуляционной эпохи до второго периода меридиональной южной циркуляционной эпохи, рост в третий и снижение в четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи. При этом изменение значений энтропии за рассматриваемые циркуляционные эпохи и периоды в большинстве случаев не соотносится напрямую с увеличением или уменьшением значений температуры воздуха. На территории ключевого участка пушисто-дубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в зональную циркуляционную эпоху, второй и четвертый периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи и минимальны в первый и третий периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи. На территории ключевого участка пушисто-дубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на южном макросклоне Крымских гор, значения энтропии минимальны в зональную циркуляционную эпоху и четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи, а максимальны во второй период меридиональной южной циркуляционной эпохи. Таким образом, максимальные с точки зрения влияния температуры условия для развития экосистем пушисто-дубовых лесов как южного, так и северного макросклона Крымских гор наблюдаются во второй период меридиональной южной циркуляционной эпохи. На территории ключевого участка скально-дубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в зональную циркуляционную эпоху и третий период

меридиональной южной циркуляционной эпохи; на территории ключевого участка скально-дубового леса, расположенного в среднегорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в первый период меридиональной южной циркуляционной эпохи, а на южном макросклоне – во второй период.

В пределах ключевых участков экосистем хвойных (сосновых и можжевеловых) лесов наблюдается общий тренд роста значений энтропии от зональной циркуляционной эпохи к третьему периоду меридиональной южной циркуляционной эпохи и резкий скачок в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи, в котором достигаются максимальные значения. Следовательно, с ростом температуры формируется стратегия развития экосистем хвойных лесов Крымского полуострова, ведь именно в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи наблюдаются наибольшие максимальные значения температуры среди рассматриваемых циркуляционных эпох и периодов.

В пределах экосистемы буковых лесов распределение энтропии также уменьшается ко второму периоду меридиональной южной циркуляционной эпохи и незначительно увеличивается в дальнейшем, что свидетельствует о формировании стратегии развития экосистем с ростом температуры воздуха.

Противоположная картина наблюдается в пределах экосистем яйл. Если распределение значений стандартного отклонения аналогично экосистемам, описанным выше, то распределение значений энтропии по циркуляционным эпохам и периодам ведет себя по-другому – с увеличением средних значений температуры воздуха в пределах экосистем яйл значения энтропии уменьшаются.

### **Заключение**

В результате проведенного исследования выявлено пространственное распределение средних значений температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам, стандартного отклонения температуры воздуха и энтропии для основных типов экосистем Горного Крыма.

Во всех рассматриваемых экосистемах температура воздуха по циркуляционным эпохам и периодам подвержена одним и тем же изменениям – после зональной циркуляционной эпохи в первом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи наступает рост средних значений температуры, который затем падает во втором и третьем периодах меридиональной южной циркуляционной эпохи, достигая самых минимальных значений, и резкий рост температуры в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи с максимальными значениями во всех циркуляционных эпохах и периодах.

В целом для большинства экосистем ключевых участков характерны минимальные значения энтропии и стандартного отклонения для второго периода меридиональной южной циркуляционной эпохи. И если для всех ключевых участков в дальнейшем наблюдается рост стандартного отклонения в третьем и уменьшение в четвертом периоде меридиональной южной циркуляционной эпохи, то значения энтропии ведут себя не столь выражено. Однако в большинстве случаев к четвертому периоду меридиональной южной циркуляционной эпохи наблюдаются устойчивые тренды роста значений

энтропии, что свидетельствует о формировании в рассматриваемых экосистемах стратегии для их внутренней дифференциации и развития. Прежде всего это характерно для экосистем дубовых и особенно хвойных лесов, в то время как в буковых лесах тренд изменения энтропии находится близко к нулевому уровню, а в экосистеме яйлинских ландшафтов наблюдается отрицательный тренд, то есть увеличение температуры приводит к стратегии стабилизации экосистем.

### Список литературы

- [1] Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Калиновский П.С., Кононова Н.К., Миронюк О.А. Роль циркуляции атмосферы в изменении температуры воздуха на территории Крымского полуострова в XX веке – начале XXI века // Труды Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова. 2016. № 580. С. 175–198.
- [2] Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кононова Н.К. Климатические нормы температуры воздуха на территории полуострова Крым // Культура народов Причерноморья. 2014. Т. 2. № 278. С. 89–94.
- [3] Федоров В.М., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кононова Н.К. Многолетняя изменчивость температуры воздуха на Крымском полуострове // География и природные ресурсы. 2017. № 1. С. 127–133.
- [4] Петлин В.М. Стратегия ландшафту. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. 288 с.
- [5] Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. Е.А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
- [6] Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Труды научно-исследовательских учреждений ГУГМС СССР. Серия 2: Синоптическая метеорология. М.: Гидрометиздат, 1946. Вып. 21. 80 с.
- [7] Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. М.: Наука, 1968. 240 с.
- [8] Wang T., Hamann A., Spittlehouse D.L., Carroll C. Locally downscaled and spatially customizable climate data for historical and future periods for North America // PLoS ONE. 2016. Vol. 11. No. 6. e0156720. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156720>

### References

- [1] Gorbunov RV, Gorbunova TY, Kalinovskii PS, Kononova NK, Mironyuk OA. Role of atmospheric circulation in air temperature changes on the Crimean peninsula in the XX century – beginning of XXI century. *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*. 2016;(580):175–198. (In Russ.)
- [2] Gorbunov RV, Gorbunova TYu, Kononova NK. Climatic norms of air temperature on the territory of the Crimean Peninsula. *Culture of the Peoples of the Black Sea Region*. 2014;2(278):89–94. (In Russ.)
- [3] Fedorov VM, Gorbunov RV, Gorbunova TY, Kononova NK. Long-term air temperature variability on the Crimean Peninsula. *Geography and Natural Resources*. 2017; (1):127–133. (In Russ.)
- [4] Petlin VM. *Landscape strategy*. Lviv: Ivan Franko LNU Publishing Center; 2007. (In Ukr.)
- [5] Pozachenyuk EA. (ed.) Modern landscapes of Crimea and adjacent water areas. Simferopol: Business-Inform Publ.; 2009. (In Russ.)
- [6] Dzerdzevskiy BL, Kurganskaya VM, Vitvitskaya ZM. Typification of circulation mechanisms in the Northern Hemisphere and characteristics of synoptic seasons. *Pro-*

*ceedings of Scientific Research Institutions of the USSR GUGMS. Series 2. Synoptic Meteorology* (vol. 21). Moscow: Gidrometizdat Publ.; 1946. (In Russ.)

- [7] Dzerdzeevskiy BL. Circulation mechanisms in the atmosphere of the Northern Hemisphere in the XX century. *Materials of Meteorological Research*. Moscow: Nauka Publ.; 1968.
- [8] Wang T, Hamann A, Spittlehouse DL, Carroll C. Locally downscaled and spatially customizable climate data for historical and future periods for North America. *PLoS ONE*. 2016;11(6):e0156720. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156720>

### **Сведения об авторах:**

*Горбунов Роман Вячеславович*, кандидат географических наук, директор Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского, Российская академия наук. eLIBRARY SPIN-код: 8403-5179. E-mail: [gorbunov@ibss-ras.ru](mailto:gorbunov@ibss-ras.ru)

*Табунщик Владимир Александрович*, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского, Российская академия наук. eLIBRARY SPIN-код: 9672-2593. E-mail: [tabunshchik@ya.ru](mailto:tabunshchik@ya.ru)

*Горбунова Татьяна Юрьевна*, научный сотрудник, Научно-исследовательский центр геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского, Российская академия наук; доцент кафедры субтропической и тропической экологии, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. eLIBRARY SPIN-код: 3505-6157. E-mail: [gorbunovaty@gmail.com](mailto:gorbunovaty@gmail.com)

*Сафонова Мария Сергеевна*, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского, Российская академия наук. eLIBRARY SPIN-код: 5442-2548. E-mail: [mari\\_malashina@bk.ru](mailto:mari_malashina@bk.ru)

### **Bio notes:**

*Roman V. Gorbunov*, Ph.D. in Geography, Acting Director of the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences. eLIBRARY SPIN-code: 8403-5179. E-mail: [gorbunov@ibss-ras.ru](mailto:gorbunov@ibss-ras.ru)

*Vladimir A. Tabunshchik*, junior researcher, Research Center for Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences. eLIBRARY SPIN-code: 9672-2593. E-mail: [tabunshchik@ya.ru](mailto:tabunshchik@ya.ru)

*Tatyana Yu. Gorbunova*, research associate, Research Center for Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences; Associate Professor, Subtropical and Tropical Ecology Department, Institute of Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). eLIBRARY SPIN-code: 3505-6157. E-mail: [gorbunovaty@gmail.com](mailto:gorbunovaty@gmail.com)

*Maria S. Safonova*, junior researcher, Research Center for Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences. eLIBRARY SPIN-code: 5442-2548. E-mail: [mari\\_malashina@bk.ru](mailto:mari_malashina@bk.ru)



DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-55-71

УДК 621.22

Научная статья / Research article

## Климатические проблемы и гидроэнергетика как эффективный способ достижения целей Парижского соглашения

В.В. Тетельмин

*Российский университет дружбы народов,  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6  
Всероссийское общество охраны природы,  
Российская Федерация, 119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 29, стр. 1*  
✉ [v-tetelmin@rambler.ru](mailto:v-tetelmin@rambler.ru)

**Аннотация.** Энергетика ископаемого топлива и обусловленный ею рост концентрации парниковых газов в атмосфере являются основными причинами глобального изменения климата. Следуя целям Парижского соглашения, мировая энергетика начинает переводить значительную часть производства топливной энергии на производство возобновляемой энергии. Цель работы заключается в том, чтобы дать количественную характеристику некоторым процессам энерготехнологического перехода. Приводится примерная расчетная доля различных энергоисточников в мировой энергетике к концу XXI в. Ввиду ограниченности возможностей биосферы современный уровень производства энергии за счет только возобновляемых источников практически недостижим. Предлагается оптимальный сценарий снижения глобальных выбросов диоксида углерода за счет снижения использования угля на 170 млн т/год, которое обеспечит соответствующее снижение выбросов на 620 млн т/год и достижение к 2050 г. вещественного баланса углерода в системе «эмиссия – сток». При оптимальном сценарии потребуется вводить в эксплуатацию альтернативные замещающие мощности около 160 ГВт/год, при этом средняя глобальная температура дополнительно поднимется по сравнению с современной на 0,6 °С. Рассматриваются возможности и преимущества развития российской гидроэнергетики в качестве экологически и экономически эффективной альтернативы «угольным проектам». В складывающейся реальности российским гидроэнергетикам рекомендуется определить свою амбициозную долю российской квоты по снижению выбросов и вводу до 2050 г. в эксплуатацию 30 ГВт замещающей гидроэнергетической мощности с дополнительной выработкой электроэнергии до 120 ТВт·ч/год.

**Ключевые слова:** Парижское соглашение, парниковый газ, изменение климата, возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика

**История статьи:** поступила в редакцию 20.11.2020; принята к публикации 30.11.2020.



**Для цитирования:** *Тетельмин В.В.* Климатические проблемы и гидроэнергетика как эффективный способ достижения целей Парижского соглашения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 55–71. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-55-71>

## **Climate challenges and hydraulic power industry as a powerful tool to achieve the goals of the Paris Agreement**

**Vladimir V. Tetelmin**

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),  
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation  
All-Russian Society for Nature Conservation,  
29 Bolshaya Ordynka St, bldg 1, Moscow, 119017, Russian Federation*  
✉ [v-tetelmin@rambler.ru](mailto:v-tetelmin@rambler.ru)

**Abstract.** Fossil fuel energy and increase in concentrations of greenhouse gases in the atmosphere cause global climate change. In pursuance of the goals of the Paris Agreement, the global power industry must switch a significant part of fuel energy production to renewable energy production. The expected share of various sources in the global power industry by the end of the 21st century is provided. However, the limited possibilities of the biosphere make the current level of energy production from renewable sources nearly impossible. The most preferable scenario is proposed to reduce global carbon dioxide emissions by reducing the use of coal by 170 million tons per year, which will ensure a corresponding reduction in emissions by 620 million tons per year and the achievement by 2050 of the material balance of carbon in the “emission – flow” system. Under the most preferable scenario, it will be necessary to commission alternative replacement powers of about 160 GW per year; at the same time, the average global temperature will additionally rise by 0.6 °C compared to the current one. The prospects and advantages of the development of the Russian hydraulic power industry as an environmentally and economically efficient alternative to “coal projects” are considered. In the emerging reality, Russian hydraulic power companies are advised to determine their ambitious share of the Russian quota for reducing emissions and commissioning 30 GW of replacement hydraulic power capacities by 2050 with additional electricity generation of up to 120 TWh per year.

**Keywords:** Paris Agreement, greenhouse gas, climate change, renewable energy sources, hydraulic power industry

**Article history:** received 20.11.2020; revised 30.11.2020.

**For citation:** Tetelmin VV. Climate challenges and hydraulic power industry as a powerful tool to achieve the goals of the Paris Agreement. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):55–71. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-55-71>

### **Введение**

Человек создал максимально благоприятные условия для своего развития, вооружившись в середине XIX в. энергетикой ископаемого топлива, и с тех пор энергетически обеспеченное мировое население растет по экспоненте, разрушая естественные экосистемы и ставя тем самым под угрозу

свое будущее. По этой причине вопросы энергетической и экологической безопасности человечества являются наиболее обсуждаемыми. В XX в. человечество в 10 раз увеличило энергопотребление, в 100 раз скорость передвижения и в 1000 раз мощность оружия. В настоящее время за один день в топках и моторах сжигается около 15 млн т угля и 10 млн т нефти, а эффективная энергетическая мощность современной цивилизации приближается к 20 млрд кВт.

Гипертрофированная зависимость мировой экономики от ископаемого топлива несет в себе несколько опасностей. Первая заключается в нарастающей эмиссии парниковых газов (ПГ) и соответствующем усилении парникового эффекта. Современные годовые выбросы мировой экономики превышают 40 млрд т CO<sub>2</sub>, из которых в атмосфере ежегодно накапливается не менее 19 млрд т основного ПГ – диоксида углерода. Миллиард автомобилей и тысячи дымовых труб расшатывают климатическую систему Земли. За 150 лет промышленного сжигания угля и нефти в атмосферу выброшено около 2 трлн т CO<sub>2</sub>, а средняя температура на планете увеличилась на 1,1 °C [1]. Вторая опасность заключается в том, что запасы угля, нефти и природного газа на Земле конечны. Если человечество будет игнорировать эти опасности и следовать сегодняшней парадигме энергообеспечения, то к концу века цивилизация окажется на подогретой планете и без нефти.

**Цель исследования** – дать количественную характеристику процессам энерготехнологического перехода. Происходящие климатические изменения беспрецедентны как по скорости событий, так и по их глобальному охвату. Каждые 10 лет в мире происходит потепление на 0,18 °C, в России – на 0,45 °C [1]. Накопленная климатической системой Земли тепловая энергия в количестве  $52 \cdot 10^{12}$  Дж меняет картину океанических течений и циркуляцию воздушных потоков, повышает уровень Мирового океана, смещает границы лесов и вечной мерзлоты, повышает частоту наводнений и засух [2]. Постепенно стирается климатическая грань между Арктикой и тропиками, отчего происходят усиленные выбросы CO<sub>2</sub> и метана из оттаивающих вечномерзлых пород.

Неблагоприятные и опасные гидрометеорологические явления по силе воздействия на экономику выходят на первое место. Предполагается, что к 2030 г. ущерб от глобального изменения климата составит 3,2 % мирового ВВП. Уильям Нордхаус – Нобелевский лауреат в области экономики за 2018 г. предлагает выбросы ПГ считать товаром со своей стоимостью. Эта мера приведет к отказу от широкого использования ископаемого топлива, что в первую очередь коснется России, где удельные выбросы CO<sub>2</sub> составляют 1,3 кг/долл. ВВП, что в 4 раза больше, чем, например, в Японии и Франции.

### Материалы и методы

В качестве исходных материалов использовались расчетные данные предыдущих исследований автора, данные гидроэнергетического потенциала России, а также оценочных докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН [3–7], в которых утверждается, что влияние человека является «доминирующей причиной наблюдаемого потеп-

ления». Современная наука предсказала поджидающие человечество опасности и призывает постепенно отходить от использования ископаемого топлива, интенсивность которого нарастает год от года (рис. 1). Если предположить, что выбросы ПГ удастся прекратить прямо сейчас, то глобальная температура будет расти еще около 100 лет. Парниковый эффект обладает петлей обратной связи, его легче запустить, чем остановить [1; 3]. Чтобы прекратить антропогенный рост температуры, нужно не только прекратить выбросы, но и ежегодно улавливать из атмосферы и утилизировать около 30 млрд т CO<sub>2</sub>, чтобы в текущем столетии изъять из атмосферы 1 трлн т этого накопленного антропогенного ПГ и вернуть концентрацию этого газа в атмосфере до исходного значения 280 ppm.

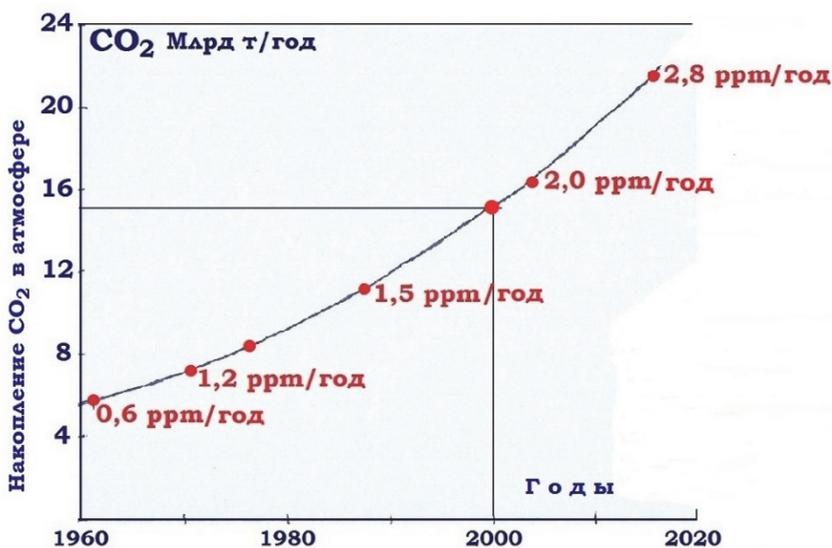


Рис. 1. Абсолютное увеличение содержания CO<sub>2</sub> и темп роста его концентрации в атмосфере Земли с 1960 г. (1 ppm – миллионная объемная доля)

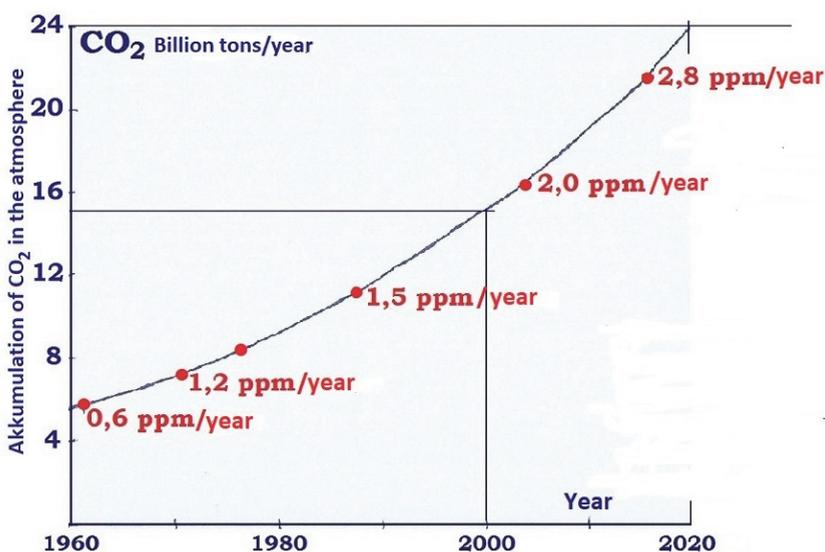


Figure 1. Absolute increase in the global CO<sub>2</sub> emission, and the growth rate of its concentration in the Earth's atmosphere since 1960

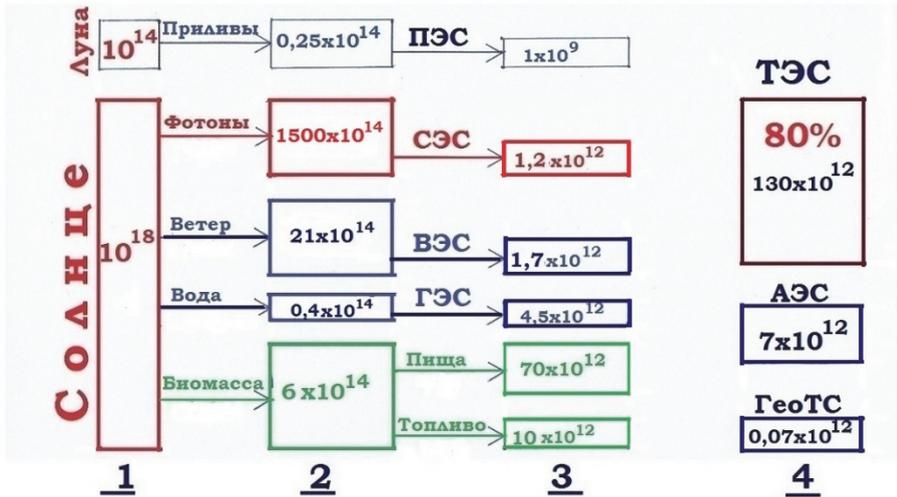
## Результаты

Парижское соглашение (ПС), которое Россия ратифицировала в сентябре 2019 г., направлено на ограничение роста глобальной температуры максимальным значением  $2^{\circ}\text{C}$  сверх доиндустриального уровня. Для достижения обозначенной цели каждая страна должна внести свой вклад в сторону ужесточения природоохранных мер, в частности ограничить антропогенные выбросы ПГ, чтобы добиться «углеродной нейтральности». Понятие «климатическая углеродная нейтральность» не требует полного исключения глобальных выбросов  $\text{CO}_2$  и допускает антропогенные выбросы  $\text{CO}_2$  в количестве около 20 млрд т/год, которые способны принять и усвоить Мировой океан и биосфера в целом. По мере роста эмиссии диоксида углерода биосфера постепенно подстраивается под новую более высокую концентрацию  $\text{CO}_2$  в атмосфере и наращивает свои фотосинтетические возможности по аккумуляции данного антропогенного газа. Этот невидимый процесс происходит за счет постепенного роста фотосинтезирующей мощности глобальной фитомассы и повышенного закисления Мирового океана. Например, в 1965 г. климатическая система Земли депонировала около 9 млрд т антропогенного  $\text{CO}_2$ , а в 2015 г. уже 19 млрд т. Однако при нынешнем темпе роста сжигания ископаемого топлива биосфера не справляется с удалением из атмосферы основного парникового газа. Например, в 1965 г. остались в атмосфере непоглощенными около 5 млрд т антропогенного  $\text{CO}_2$ , а в 2015 г. в атмосфере дополнительно накопилось уже около 18 млрд т  $\text{CO}_2$ .

В 2017 г. мировая добыча угля, нефти и газа достигла 11,5 млрд т нефтяного эквивалента ( $1 \text{ т н. э.} = 44,76 \text{ ГДж}$ ), произведено и использовано энергии за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ) 945 млн т н. э., на атомных станциях (АЭС) – около 500 млн т н. э. Таким образом, человечество подошло к объему использования энергии в быту, промышленности и на транспорте в количестве 13 млрд т н. э. в год.

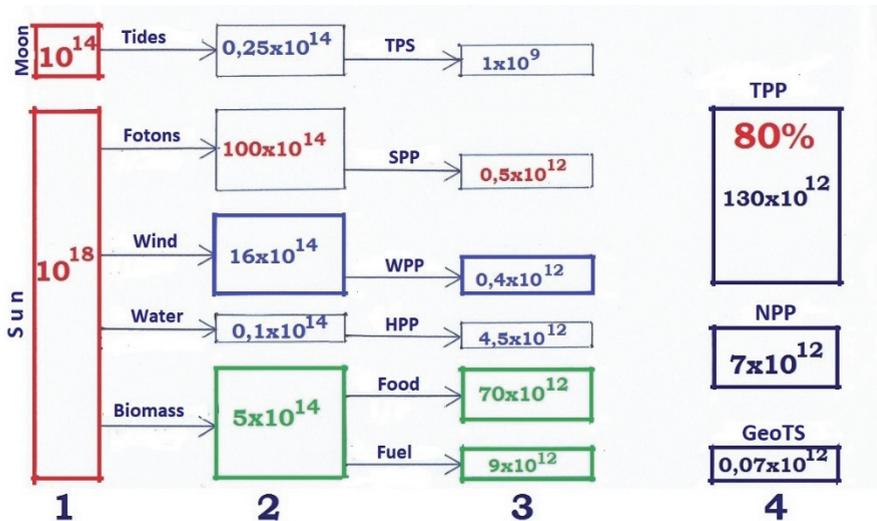
Из этого количества Россия использует промышленной энергии около 700 млн т н. э. в год. Кроме этой «классической» энергии человечество использует около  $7 \cdot 10^{12}$  кВт·ч/год «энергии жизни», заключенной в продуктах питания [2]. Примерное состояние энергетического обеспечения человеческой цивилизации схематично представлено на рис. 2.

Теоретический потенциал источников возобновляемой энергии солнечного происхождения характеризуется следующими значениями (кВт·ч/год): гидравлическая энергия  $0,4 \cdot 10^{14}$ ; энергия ветра  $21 \cdot 10^{14}$ ; солнечная энергия  $1500 \cdot 10^{14}$  [8]. Однако по экономическим и экологическим причинам реализовать этот потенциал в полной мере не представляется возможным. Для получения энергии в промышленных масштабах с использованием солнца и ветра требуются огромные территории, в то время как площадь мировых земельных ресурсов ограничена и составляет 130 млн км<sup>2</sup> (87 % площади суши). К концу XXI в. расчетная доля различных энергоисточников в мировой энергетике будет примерно соответствовать значениям, приведенным в табл. 1 [4]. Однако ввиду ограниченности возможностей биосферы современный уровень производства энергии в объеме  $160 \cdot 10^{12}$  кВт·ч/год только за счет приведенных в табл. 1 долей ВИЭ труднодостижим.



**Рис. 2.** Энергетика Земли и цивилизации, кВт·ч/год:

1 – лучистая энергия, получаемая Землей от Солнца, и приливная – от Луны; 2 – трансформация получаемой Землей космической энергии в различные формы, доступные для использования человечеством: приливная энергия, тепловая энергия фотонов, ветровая и волновая энергия, энергия испарения воды и океанических течений, энергия синтезируемой биомассы; 3 – объем использования человечеством различных форм возобновляемой энергии; 4 – объем использования человечеством невозобновляемой энергии, полученной Землей в прошлые исторические эпохи: энергия ископаемого топлива (время образования 50–100 млн лет назад), геотермальная энергия (время образования 4,5 млрд лет назад), атомная энергия (время образования более 5 млрд лет назад)



**Figure 2.** Energy of the Earth and civilization, kWh per year:

1 – radiant energy received by the Earth from the Sun and tidal energy from the Moon;  
 2 – transformation of the cosmic energy received by the Earth into various forms available for human: tidal energy, heat energy of photons, wind and wave energy, water evaporation and ocean currents energy, biomass synthesis energy; 3 – amount of various forms of renewable energy used by human;  
 4 – amount of nonrenewable energy used by human received by the Earth in past historical epochs: energy of fossil fuels (formed 50–100 million years ago), geothermal energy (formed 4.5 billion years ago), atomic energy (formed more than 5 billion years ago)

Таблица 1

**Примерная доля различных источников в мировой энергетике**

Годы	Уголь	Нефть	Газ	Биомасса	ГЭС	АЭС	Ветер	Солнце
1900	60	3	2	33	2	–	–	–
2000	28	36	20	5	3	5	1	1
2100	5	5	18	18	6	6	18	18

Table 1

## Approximate share of various sources in the global power industry

Years	Coal	Oil	Gas	Biomass	Hydroelectric energy	Nuclear energy	Wind energy	Solar energy
1900	60	3	2	33	2	–	–	–
2000	28	36	20	5	3	5	1	1
2100	5	5	18	18	6	6	18	18

Задача современной мировой энергетики заключается в переводе большей части производства  $130 \cdot 10^{12}$  кВт·ч/год топливной энергии на производство возобновляемой энергии. Для решения этой задачи целесообразно использовать площадь пустынь, неудобий и акваторию шельфа, так как сокращать площадь лесов нельзя из экологических соображений, а с сельскохозяйственных угодий – из соображений продовольственной безопасности цивилизации. Развитые страны активно переходят на низкоуглеродную экономику (табл. 2), включающую в себя снижение инвестиций в угольную отрасль и снижение субсидирования использования угля. В 2019 г. страны ЕС произвели с помощью ветра и солнца более 500 млрд кВт·ч электроэнергии, за счет чего снизили сжигание угля примерно на 260 млн т/год и, соответственно, снизили эмиссию CO<sub>2</sub> примерно на 930 млн т/год. В европейских странах движущими силами успешно осуществляемых перемен в энергетике являются высокие налоги и тарифы, а также активность горожан, которые смотрят на налоги как на инвестиции в здоровую и качественную жизнь в будущем.

Таблица 2

## Темп ввода установленной мировой мощности различных видов ВИЭ в период 2013–2018 гг., ГВт

Мощность	2013	2018	Прирост, %
Общая	1563	2351	50
ГЭС	1136	1293	14
ВЭС	300	564	88
СЭС	140	486	248
Биоэнергетика	85	116	37
Геотермостанции	11	13,3	24

Table 2

## Rate of commissioning of the available global capacities of various types of renewable energy sources in 2013–018, GW

Capacity	2013	2018	Growth rate, %
Total	1563	2351	50
Hydroelectric power stations	1136	1293	14
Wind farms	300	564	88
Solar power plants	140	486	248
Bioenergy	85	116	37
Geothermal stations	11	13,3	24

В освоении ВИЭ особенно преуспел Китай, который первым в своей конституции провозгласил курс на строительство «экологической цивилизации», а к 2060 г. предполагает добиться «углеродной нейтральности». В настоящее время солнечные и ветровые электростанции Китая ежегодно про-

изводят 630 млрд кВт·ч, а гидравлические – 1300 млрд кВт·ч, что в 7 раз превосходит годовое производство всех российских ГЭС. Обоснованная оценка «незатронутого» экономического потенциала российских рек и приливных электростанций огромна – до 930 ТВт·ч/год. Современная Россия к широкому освоению своих гидроэнергетических ресурсов пока не приступала, уровень их использования является самым низким среди развитых стран.

Таблица 3

**Объемы выбросов основных парниковых газов в России, млн т CO<sub>2</sub>-экв.**

Парниковый газ	1990	2000	2010	2015
CO <sub>2</sub>	2590	1504	1663	1675
CH <sub>4</sub>	942	634	827	860
N <sub>2</sub> O	183	99	95	91
Всего	3768	2275	2603	2651

Table 3

**Volumes of emissions of the main greenhouse gases in Russia, million tons of CO<sub>2</sub> equivalent**

Greenhouse gas	1990	2000	2010	2015
CO <sub>2</sub>	2590	1504	1663	1675
CH <sub>4</sub>	942	634	827	860
N <sub>2</sub> O	183	99	95	91
Total	3768	2275	2603	2651

Россия занимает четвертое место в мире по антропогенным выбросам ПГ (4,8 %), данные о которых представлены в табл. 3 [9]. Если отслеживать динамику выбросов ПГ предприятиями России с 2000 г., когда началось восстановление российской экономики, то видно, что общие выбросы увеличились. В энергетическом секторе России выбросы за этот период также увеличились с 1,84 до 2,20 млрд т CO<sub>2</sub>-экв.

В ближайшее время заработает концепция «углеродного следа», в соответствии с которой по всему миру предлагается вводить углеродный налог – плату за выбросы эквивалента диоксида углерода. Многие европейские страны давно ввели такой налог. Например, Великобритания с 2013 г. ввела налог в размере 25 долл./т CO<sub>2</sub>, после чего энергетические компании начали быстро переходить с угля на природный газ. Страны ЕС собираются взимать дополнительную трансграничную углеродную пошлину с экспортной продукции из стран, где подобная «углеродная» регуляторная мера не принята на государственном уровне. Эти меры в ближайшем десятилетии обеспечат ценовой паритет себестоимости энергии от возобновляемых и топливных источников. Россия как страна с доминирующим использованием топлива в энергетическом и экспортном балансе оказывается в группе очевидного риска, однако исторической отсрочки происходящего наступления глобального изменения климата ожидать не следует.

Парижское соглашение, по существу, предлагает перейти к новой цивилизации – цивилизации возобновляемых источников энергии. В сегодняшних кризисных условиях мировая экономика постепенно «отсоединяется» от потребления ископаемого топлива и наращивает безуглеродное про-

изводство энергии. К сожалению, в России заметных подвижек в пользу низкоуглеродных источников энергии не наблюдается: объем парниковых выбросов отечественной индустрией в течение последних 20 лет увеличился на 12 % и приблизился к 2,7 млрд т/год. Современная мощность развивающейся мировой солнечной и ветровой энергетики превышает 1200 ГВт, и Россия только к 2024 г. планирует ввести 5,5 ГВт соответствующей мощности, а ввод новых крупных ГЭС вообще не предусматривается. На фоне мировых тенденций выглядит противоречащей здравому смыслу последняя версия Энергетической стратегии РФ, предполагающая «положительную динамику объемов добычи угля». При этом Россия занимает второе место в мире по выбросам CO<sub>2</sub> на душу населения – 11,7 т/год при среднемировом 4,8 т/год. Это означает, что Россия с ее преимущественно сырьевым экспортом размещает на своей территории наиболее загрязняющую часть глобальной производственной цепочки. Страны-импортеры получают российскую сырую нефть, алюминий и никель в чушках, необработанные алмазы и лескругляк, делают из них продукцию с высокой добавленной стоимостью и втридорога продают эту продукцию России.

Достижению целей ПС мешают «климатические скептики», которые утверждают, что человечеству не следует бороться с глобальным потеплением, а нужно всего лишь «адаптироваться к происходящим изменениям окружающей среды». Как писал Марк Твен, «чаще всего мы попадаем в неприятности не потому, что чего-то не знаем, а потому, что не верим в то, что знаем». Эти «активисты» должны понять, что переход к возобновляемым источникам энергии и есть истинное проявление адаптации, которая в полном ее понимании решает две задачи: во-первых, тормозит рост глобальной температуры; во-вторых, готовит человечество к скорому исчерпанию углеводородов. Если Россия с большим экологическим следом своей продукции не будет проявлять активности по декарбонизации экономики, то при введении таможенных платежей в 25 евро за тонну CO<sub>2</sub> потери нашего экспорта по разным оценкам составят от 4 до 6 млрд евро/год. Руководством к действию для предприятий «рентного бизнеса» прозвучали слова на недавнем форуме «Россия вперед», сказанные советником президента РФ, о том, что низкоуглеродная повестка – ключевой фактор в развитии российского экспорта.

Пока же мало что делается, чтобы снять Россию с «иглы сырьевого экспорта» и тем самым вывести страну из состояния стагнирующей экономики. Россия отстает в темпах экономического развития: за последние 30 лет российский ВВП вырос всего на 20 %, в то время как объем мирового ВВП за эти годы увеличился в 2,2 раза. В то же время Комитет по климату Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) выступает против инициативы ЕС по введению трансграничного углеродного регулирования (ТУР), называя ее «дискриминацией предприятий-экспортеров». В данном случае РСПП не ставит амбициозных задач по достижению Россией углеродной нейтральности к 2050 г., как того требует Парижское соглашение и как это успешно осуществляют ведущие страны мира. Попытки крупного российского бизнеса оттянуть энерготехнологический переход только

углубляют экологический и социально-экономический кризисы, делая их в ближайшие годы драматичными для российского бюджета.

Глобальный переход к низкоуглеродной энергетике целесообразно начинать со снижения сжигания угля как наименее энергоемкого и в то же время наиболее загрязняющего вида топлива, которого в мире добывается более 8 млрд т/год и которое находится на первом месте по глобальным выбросам CO<sub>2</sub> – не менее 24 млрд т/год. При сокращении выбросов CO<sub>2</sub> на 1 т за счет снижения использования нефти необходимо производить с помощью замещающей возобновляемой энергетики 3660 кВт·ч, а для замещения «угольной тонны» выбросов CO<sub>2</sub> требуется выработать всего 1530 кВт·ч замещающей зеленой энергии. Таким образом, уголь в энергетике замещать легче и менее затратно по сравнению с выводом из обращения и замещением энергетической нефти. Именно по этой причине мировая энергетика в первую очередь начинает активно избавляться от угля. Естественно, что при переживаемом человеческой цивилизацией энерготехнологическом переходе нельзя допустить снижения достигнутого уровня энергообеспечения, а также снижения уровня жизни семей миллионов шахтеров.

Таблица 4

**Сценарии снижения глобальных выбросов CO<sub>2</sub> за счет снижения использования угля при фиксированном уровне стока диоксида углерода 22 млрд т/год**

Снижение сжигания угля, млн т/год	Снижение выбросов, млн т/год	Год выхода на баланс по углероду	Рост CO <sub>2</sub> в атмосфере, ppm	Итоговая концентрация CO <sub>2</sub> в атмосфере, ppm	Рост температуры, °	Темп ввода замещающей мощности, ГВт/год
170	620	2050	38	458	0,6	160
255	930	2040	25	445	0,5	240
340	1240	2035	19	439	0,4	320
425	1550	2032	15	435	0,3	400

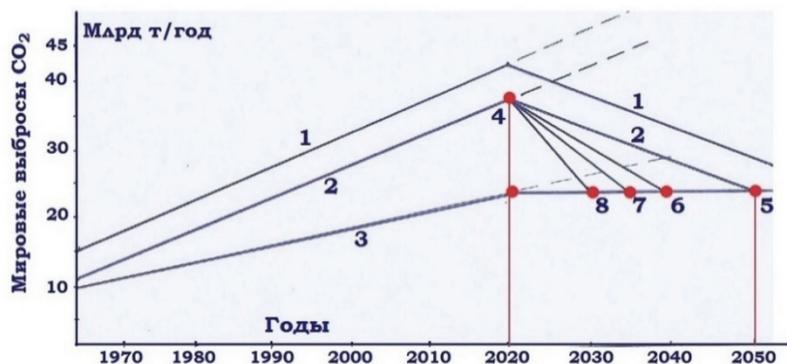
Table 4

**Scenarios to reduce global CO<sub>2</sub> emissions by reducing the use of coal at a fixed level of carbon dioxide flow of 22 billion tons per year**

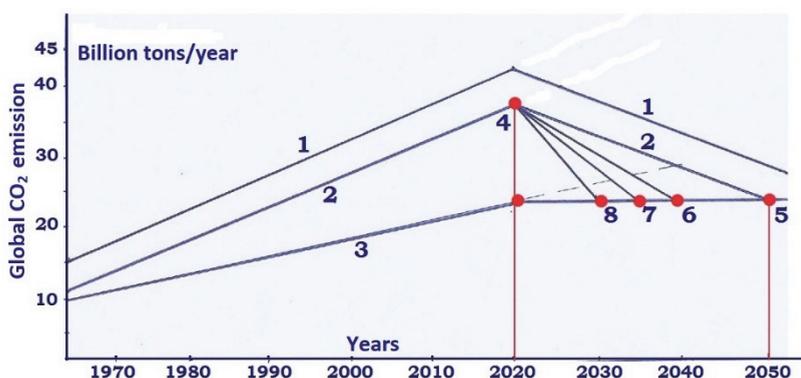
Reduction in coal burning, mln tons/year	Reduction of emissions, mln tons/year	Year of achieving carbon balance	Increase in atmospheric CO <sub>2</sub> , ppm	Final atmospheric CO <sub>2</sub> concentration, ppm	Temperature increase, °	Replacement capacity input rate, GW/year
170	620	2050	38	458	0,6	160
255	930	2040	25	445	0,5	240
340	1240	2035	19	439	0,4	320
425	1550	2032	15	435	0,3	400

В дальнейших расчетах можно принять, что из современных 41 млрд т/год глобальных антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> для достижения глобальной углеродной нейтральности достаточно снизить выбросы на 19 млрд т/год, так как остальные 22 млрд т/год диоксида углерода поглощаются Мировым океаном и мировой растительностью. В расчетах также примем, что достижение углеродной нейтральности мировым сообществом будет осуществляться исключительно за счет снижения использования энергетического угля, при сжигании 1 т которого выбрасывается 3,6 т CO<sub>2</sub>. Примем также следующие условия: при выработке 1 кВт·ч электроэнергии на угольной ТЭС расходуется

0,45 кг угля с удельным теплосодержанием 20 МДж/кг; КПД-нетто 32 %; коэффициент использования установленной мощности [10] солнечными электростанциями (СЭС) равен 15 %, ветровыми (ВЭС) – 25 %, гидравлическими (ГЭС) – 40 %.



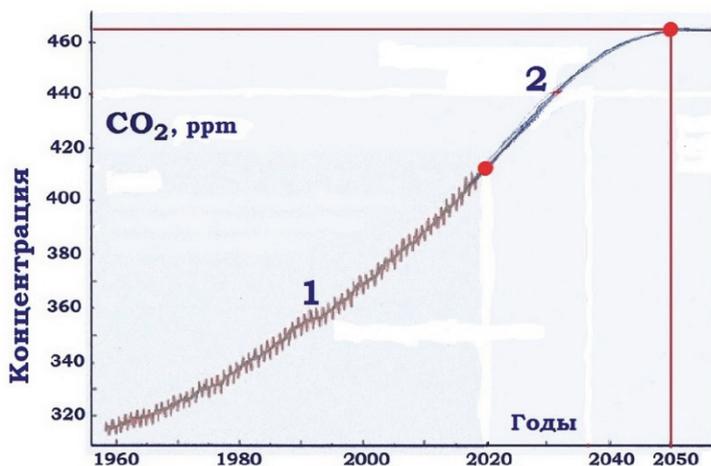
**Рис. 3.** Сценарии темпов глобального снижения использования энергии угля, млн т/год: 1 – выбросы CO<sub>2</sub> общие; 2 – выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива; 3 – поглощение выбросов CO<sub>2</sub> растительностью суши и Мировым океаном; 4 – момент начала снижения сжигания ископаемого топлива и выбросов; 5, 6, 8 – темпы снижения сжигания угля 170, 255, 340, 425 млн т/год соответственно



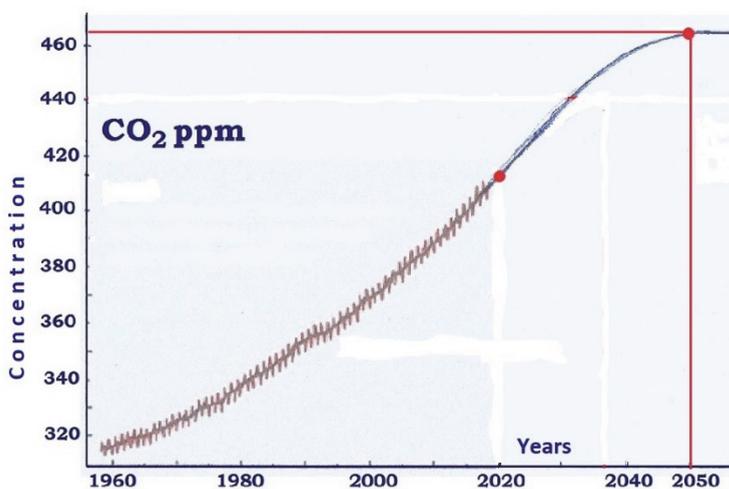
**Figure 3.** Scenarios of the rates of global decline in the use of coal energy, million tons per year: 1 – total CO<sub>2</sub> emissions; 2 – CO<sub>2</sub> emissions from burning of fossil fuels; 3 – absorption of CO<sub>2</sub> emissions by ground vegetation and the World Ocean; 4 – moment of the start of the decline in fossil fuel burning and emissions; 5, 6, 7, 8 – rate of decline in coal combustion 170, 255, 340, 425 million tons per year respectively

Для решения климатической проблемы человечество может в сфере энергетики реализовать несколько сценариев, отличающихся по темпу снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу (табл. 4). Наиболее осуществимым их них является следующий: начиная с 2021 г. человечество ежегодно снижает использование угля на 170 млн т, что обеспечит снижение выбросов CO<sub>2</sub> примерно на 620 млн т/год (рис. 3). При таком сценарии вещественный баланс углерода «эмиссия – сток» будет достигнут примерно к 2050 г. при накопленной к тому времени концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере около 460 ppm (рис. 4). Темп снижения сжигаемой массы угля на 170 млн т/год с общей теплотворной способностью 944 млрд кВт·ч/год подтверждается возможностью обеспечения замещения выводимой из эксплуатации мощности тепловой энергетики альтернативными источниками энергии. Реальность по-

добного замещения подтверждается введенной в мире в 2017 г. мощностью 140 ГВт альтернативной (солнечной, ветровой, гидравлической и атомной) генерации.



**Рис. 4.** Реальный рост концентрации в атмосфере антропогенного CO<sub>2</sub> (1) и его прогнозируемая стабилизация (2) при снижении глобальных выбросов на 620 млн т/год



**Figure 4.** Real increase in the concentration of anthropogenic CO<sub>2</sub> in the atmosphere (1) and its predicted stabilization (2) with a decrease in global emissions by 620 million tons per year

Для выполнения Россией обязательств по достижению углеродной нейтральности к 2050 г. достаточно в энергетическом секторе снижать сжигание угля на 8 млн т/год (4,8 % доли России от мирового уровня) и одновременно с этим обеспечивать рост совокупной выработки 14 млрд кВт·ч/год электроэнергии всеми видами ВИЭ. Чтобы обеспечить названный ежегодный рост выработки замещающей альтернативной электроэнергии потребуется ежегодно вводить в эксплуатацию или 10,6 млн кВт/год мощности СЭС, или 6,4 млн кВт/год мощности ВЭС, или 4,0 млн кВт/год мощности ГЭС. При примерно одинаковой стоимости капитальных затрат на единицу вводимой мощности использование зеленой гидравлической энергии в качестве замещающей угольную энергетику является наименее затратной и более эффективной.

Сегодняшняя ситуация в России во многом напоминает эпоху вековой давности – начала реализации в 1920 г. Плана ГОЭЛРО по реконструкции всех отраслей экономики с опережающим развитием энергетики: та же подсеченная пандемией экономика, тот же доминирующий сырьевой экспорт, тяжелый экологический кризис, та же политическая и санкционная блокада со стороны коллективного Запада. Можно сказать, что реализация и отзвук того грандиозного плана в значительной степени определяют современную отечественную экономику и энергетику. Необходимость и масштаб создания обновленной энергетической отрасли России, а также необходимость и значимость отхода от сырьевого экспорта ископаемого топлива таковы, что могут стать базисом разработки нового современного плана ГОЭЛРО-2.

Мы видим, что «невидимая рука рынка» много лет не может вывести Россию на путь устойчивого развития. Здесь без жесткого государственного регулирования не обойтись. Представляется, что сегодня самое подходящее время обратиться к успешному опыту молодой Советской Республики и подготовить соответствующий «дерзновенный проект», предусматривающий достижение целей Парижского соглашения, переход к электрификации страны на основе проверенной гидравлической и других видов возобновляемой энергии, а также сокращение экспорта ископаемого топлива за счет развития современных высокотехнологичных угле- и нефтехимических производств. В складывающейся реальности российским гидроэнергетикам следует определить свою амбициозную долю российской квоты по вводу до 2050 г. замещающей мощности ВИЭ. Масштаб и значимость доли новой гидроэнергетики в ВИЭ могут стать базисом современного плана ГОЭЛРО-2.

В настоящее время установленная мощность мировых ГЭС составляет 1,3 млрд кВт, которые вырабатывают около  $4,2 \cdot 10^{12}$  кВт·ч/год, то есть менее половины от теоретически возможного уровня. Особенно преуспел в освоении гидроэнергоресурсов Китай, который в последние годы ежегодно вводил в эксплуатацию более 20 млн кВт мощности ГЭС, а к 2050 г. планирует удвоить мощность гидроэнергетики. В Бразилии три крупнейшие ГЭС – Итайпу, Бело Монте и Тукуруи – вырабатывают 169 млрд кВт·ч/год – ровно столько вырабатывают все ГЭС России. В развитых странах, где ресурсы углеводородов близки к исчерпанию, освоено от 60 до 90 % гидроэнергopotенциала.

К сожалению, в России уровень использования гидроэнергоресурсов остается самым низким среди развитых стран мира – не более 20 % гидропотенциала. Обоснованная оценка неиспользованного гидроэнергетического потенциала рек России составляет 660 ТВт·ч/год [5]. При соответствующих инвестициях российские гидростроители, используя советский опыт, могут вводить в эксплуатацию в период 2025–2050 гг. в среднем по 1 ГВт в год гидроэнергетических мощностей с обеспечением общей дополнительной выработки до 120 ТВт·ч/год (табл. 5).

Нельзя исключать из сферы внимания гидроэнергетиков возможности приливных станций (ПЭС). Природные условия России позволяют построить ПЭС с суммарной мощностью 120 тыс. МВт и годовой выработкой «лунных киловаттов» 270 ТВт·ч. С 1966 г. во Франции успешно работает ПЭС «Ля Ранс»

мощностью 240 кВт с амплитудой приливов до 8 м. За время работы станция давно себя окупила и производит 640 млн кВт·ч/год себестоимостью всего 1,8 цента за кВт·ч. В 2011 г. в Южной Корее введена в строй ПЭС мощностью 254 МВт с годовой выработкой 553 ГВт·ч. Сегодня там в стадии строительства находятся две более мощные станции на 520 МВт и 1,3 ГВт. Еще во времена СССР были спроектированы более мощные проекты Тугурской ПЭС на Охотском море мощностью до 8 ГВт и Мезенской ПЭС на Белом море мощностью до 24 ГВт и годовой выработкой 40 млрд кВт·ч. Таким образом, в современном мире с его экологическими кризисами и скачками цен на нефть, газ и уголь гидравлическая энергия современных и будущих ГЭС России выглядит надежной и чистой.

Таблица 5

**Пример возможной выработки электроэнергии на новых ГЭС России к 2050 г.**

<b>Бассейн</b>	<b>Экономически обоснованный гидропотенциал, ТВт·ч/год</b>	<b>Дополнительная выработка, ТВт·ч/год</b>
Каспийский	65	5
Баренцево-Беломорский	34	5
Енисейский	283	60
Ленский	235	30
Обский	73	10
Амурский	32	5
Северо-Восточные моря	–	5

Table 5

**Example of potential electric energy generation at new hydro-electric power stations in Russia by 2050**

<b>Basin</b>	<b>Economically justified hydro potential, TeraWatt-hour/year</b>	<b>Additional generation, TeraWatt-hour/year</b>
Caspian	65	5
Barents-White Sea	34	5
Yenisei	283	60
Lena	235	30
Ob	73	10
Amur	32	5
Northeast Seas	–	5

В России экологически и экономически эффективной альтернативой «угольным проектам» является развитие гидроэнергетики, которая является наиболее чистым способом получения финальной энергии. В состав плана ГОЭЛРО-2 может естественно вписаться федеральная целевая программа развития гидроэнергетики с четким обозначением показателей по срокам и поэтапному вводу порядка 30 ГВт гидроэнергетической мощности. Гидроэнергетика как основной источник зеленой энергии и как наиболее прибыльный способ получения финальной энергии всегда рентабельна: себестоимость киловатт-часа составляет не более 5 центов. В мире на 1 кВт·ч электроэнергии производится до 1 долл. продукции и услуг в составе ВВП – это означает, что эффект от инвестиций в эту отрасль многократный. Нужно вернуться к рассмотрению вариантов строительства таких крупных сибирских ГЭС, как Братская и Саяно-Шушенская, общая выработка которых превышает совокупную выработку всех станций Волжско-Камского каскада.

Освоение российской Арктики и портов Северного морского пути потребует мощной энергетической инфраструктуры, основу которой могут составить ГЭС в бассейнах таких рек, как Нижняя Тунгуска, Подкаменная Тунгуска, Индигирка, Лена, Колыма, Анадырь, а также мощные приливные станции в бухтах Белого, Баренцева и Охотского морей с обеспечением суммарной выработки до 120 ТВт·ч/год.

Естественной составной частью ГОЭЛРО-2 может стать Стратегия долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов ПГ до 2050 г. Хорошим подспорьем плану станет разрабатываемый проект федерального закона «О государственном регулировании выбросов парниковых газов», закладывающий меры по снижению выбросов: сборы за превышение уровня выбросов, углеродный налог, квотирование, углеродная отчетность. План ГОЭЛРО-2 перенаправит миллионы тонн угля от сжигания в котлах на развитие в шахтерских городах углехимии с крупнотоннажным производством метанола, водорода, синтез-газа и сотен других полезных продуктов. В соответствии с планом ГОЭЛРО-2 российские добывающие компании перенаправят большую часть экспортного потока из миллионов тонн угля и сырой нефти в сторону экспорта продукции отечественной угле- и нефтехимии с высокой добавленной стоимостью. Собственное развернутое производство синтетических продуктов из угля и нефти гарантированно наполнит российский бюджет и создаст сотни тысяч новых высокооплачиваемых рабочих мест. План должен предусматривать ускоренную газификацию не «чуждой нам Европы», а собственных населенных пунктов, чтобы над городами нашей Родины было голубое, а не черное небо.

### **Заключение**

Человечество находится в начале долгого пути по развитию альтернативных способов получения энергии. Подключение России к Парижскому соглашению Рамочной конвенции ООН по изменению климата является политически и экономически оправданным шагом. Активное участие России в Парижском соглашении во многом решит вопросы стабилизации климата и развития отечественной экономики и, что важно, не позволит России отстать от технологической революции.

Следуя целям Парижского соглашения, мировая энергетика должна перевести значительную часть производства топливной энергии на производство возобновляемой энергии. К концу XXI в. доли различных источников в структуре мировой энергетике видятся следующими: тепловая – 28 % с доминированием газового топлива; солнечная, ветровая и биоэнергетика – по 18 %; гидроэнергетика – 6 %. Ввиду ограниченности ассимиляционных возможностей биосферы современный уровень производства промышленной энергии  $160 \cdot 10^{12}$  кВт·ч/год только за счет возобновляемых источников практически невозможен.

Наименее напряженным и затратным сценарием достижения углеродной нейтральности к 2050 г. является снижение глобальных выбросов диоксида углерода за счет снижения использования угля на 170 млн т/год, которое обеспечит соответствующее снижение глобальных выбросов на 620 млн т/год и достижение вещественного баланса углерода в системе «эмиссия – сток».

При реализации данного сценария необходимо вводить в эксплуатацию около 160 ГВт/год альтернативных замещающих мощностей, в результате чего к 2050 г. концентрация диоксида углерода в атмосфере увеличится до 460 ppm, а глобальная температура повысится до 1,7 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем.

Доля России в процессе глобального снижения использования угля до 2050 г. составляет 8 млн т/год с обеспечением роста выработки на 14 млрд кВт·ч/год замещающей электроэнергии с помощью ВИЭ. Подобное увеличение выработки электрической энергии может быть обеспечено, например, за счет ежегодного ввода 10,6 млн кВт мощностей солнечных станций или 4,0 млн кВт мощностей гидравлических станций.

Гидроэнергетику следует уверенно позиционировать как источник возобновляемой зеленой энергии, являющийся естественным продолжением солнечной энергетики, развитие которой экологически и экономически целесообразно в качестве альтернативы «угольным проектам». В складывающейся реальности российским гидроэнергетикам следует определить свою амбициозную долю российской квоты по вводу до 2050 г. замещающей альтернативной энергетики.

Одним из прогрессивных решений по достижению Россией целей Парижского соглашения является широкое строительство ГЭС в Сибири и на Дальнем Востоке, а также приливных станций на шельфе и маневровых гидроаккумулирующих станций в европейской части России. Необходимо в обсуждаемом правительственном проекте документа «Стратегия долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» предусмотреть разработку федеральной целевой программы ускоренного развития гидроэнергетики с четким обозначением показателей по срокам и поэтапному вводу к 2050 г. в эксплуатацию до 30 ГВт общей гидроэнергетической мощности с дополнительной выработкой электроэнергии до 120 ТВт·ч/год.

### Список литературы

- [1] Юлкин М.А. Низкоуглеродное развитие: от теории к практике. М.: АНО «Центр экоинвестиций», 2018. 80 с.
- [2] Тетельмин В.В., Пимашиков П.И. Биосфера и человек. Глобальное потепление. М.: ЛЕНАНД, 2020. 330 с.
- [3] Тетельмин В.В. Физика и проблемы антропогенного изменения климата // Вестник РАЕН. 2019. № 4. С. 29–35.
- [4] Tetelmin V.V., Grachev V.A. Limits to the growth of the world alternative energy // American Scientific Journal. 2019. Vol. 1. No. 26. Pp. 46–52.
- [5] Асарин А.Е., Данилов-Данилян В.И. Гидроэнергетический потенциал России // Энергетика России: труды Научной сессии РАН. М.: Наука, 2006. С. 315–326.
- [6] IPCC AR5, 2013. Climate change 2013. The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
- [7] IPCC. 2014 b. Climate change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability. Part A. Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change / ed. by C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 1132 p.
- [8] Лю Ч. Глобальное энергетическое объединение. М.: Изд. дом МЭИ, 2016. 512 с.

- [9] Соловьянов А.А. Климат, российская энергетика и Парижское соглашение // Сборник трудов Всероссийского НИИ охраны окружающей среды. М.: ВНИИ Экология, 2019. С. 96–106.
- [10] Фортвов В.Е., Понпель О.С. Энергетика в современном мире. М.: Интеллект, 2011. 168 с.

### References

- [1] Julkin M. *Low-carbon development: from theory to practice*. Moscow: ANO Publ.; 2018. (In Russ.)
- [2] Tetelmin VV, Pimashkov PI. *Biosphere and human. Global warming*. Moscow: LENAND Publ.; 2020. (In Russ.)
- [3] Tetelmin VV. Physics and problems of global climate change. *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2019;(4):29–35. (In Russ.)
- [4] Tetelmin VV, Grachev VA. Limits to the growth of the world alternative energy. *American Scientific Journal*. 2019;1(26):46–52.
- [5] Asarin AE, Danilov-Danilyan VI. Hydropower potential of Russia. *Energy of Russia: Proceedings of the Scientific Session of the Russian Academy of Sciences*. Moscow: Nauka Publ.; 2006. p. 315–326. (In Russ.)
- [6] IPCC AR5, 2013. *Climate change 2013. The physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press; 2013.
- [7] Field CB, Barros VR, Dokken DJ. (eds.) IPCC. 2014 b. *Climate change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability. Part A. Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 2014.
- [8] Lu C. *Global Energy Consolidation*. Moscow: MEI Publ.; 2016. (In Russ.)
- [9] Soloviyarov AA. Climate, Russian energy and the Paris Agreement. *Trudy VNIИ Okhrani OS*. Moscow: VNIИ Ekologiya Publ.; 2019. p. 96–106. (In Russ.)
- [10] Fortov VE, Poppel OS. *Energy in the modern world*. Moscow: Intellect Publ.; 2011. (In Russ.)

### Сведения об авторе:

Тетельмин Владимир Владимирович, доктор технических наук, академик РАЕН, председатель Научно-технического совета, Всероссийское общество охраны природы, профессор Института экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: v-tetelmin@rambler.ru

### Bio note:

Vladimir V. Tetelmin, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Chairman of the Scientific and Technical Council, All-Russian Society for Nature Conservation, Professor of the Institute of Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: v-tetelmin@rambler.ru

## БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА LIFE SAFETY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-72-81

УДК 339.564.2

Научная статья / Research article

### Анализ требований, предъявляемых к продукции халяль при ее экспорте в Турцию и ОАЭ

С.З. Султанов<sup>1</sup>✉, А.Т. Нигматуллин<sup>1</sup>, Б.Б. Сатуев<sup>2</sup>,  
А.В. Лебедева<sup>3</sup>, А.С. Милутка<sup>3</sup>, А.И. Курбатова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Башкортостан,

Российская Федерация, 450006, Уфа, б-р Ибрагимова, д. 55/59

<sup>2</sup>Министерство экономического, территориального развития и торговли Чеченской Республики,

Российская Федерация, 364022, Грозный, ул. Назарбаева, д. 3

<sup>3</sup>Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

✉ [expert@bashtest.ru](mailto:expert@bashtest.ru)

**Аннотация.** Исследованы положения стандартов халяль, действующих в Турецкой Республике и на территории Объединенных Арабских Эмиратов. Проанализированы различия в требованиях к халяльной продукции, установленные в указанных странах. Продукция халяль набирает популярность на потребительском рынке. По результатам доклада по исламской экономике, рост ее популярности к 2020 г. составит 6,5 %. При этом наблюдается постоянная тенденция роста объемов рынка. Приводится отчет от Центра развития исламской экономики в Дубае, что в 2018 г. мусульмане потратили 2,2 трлн долл. США, тогда как к 2020 г. эта сумма составила 2,4 трлн. Глобальное развитие продуктового рынка халяль и частые расхождения в трактовке данного понятия, отсутствие единых правил обращения с продукцией приводит к разобщенности соответствующих правил. Следует помнить, что Турецкая Республика и Объединенные Арабские Эмираты, являясь членами Организации исламского сотрудничества, также и основные поставщики халяльных товаров. При этом оба государства должны иметь одинаковые требования к халяль, которые тем не менее различаются. В Турецкой Республике требования к продуктам питания халяль и правилам убоя изложены в одном стандарте TS OIC/SMIC 1 «Общее руководство по продуктам питания Халяль». В ОАЭ эти же требования изложены в двух стандартах: UAE.S GSO 993 «Требования к убою животных в соответствии с Исламскими правилами» и UAE.S GSO 2055-1 «Продукты питания халяль. Часть 1. Общие требования». Изучение требований к продукции и процессам халяль, изложенных в стандартах двух стран, показало, что по основополагающим вопросам они совпадают. Но есть и определенные отличия, которые могут стать проблемой при поставках одной и той же продукции в Турцию и ОАЭ.

**Ключевые слова:** продукция халяль, продукты питания, экспорт, правила убоя животных, признание

© Султанов С.З., Нигматуллин А.Т., Сатуев Б.Б., Лебедева А.В., Милутка А.С., Курбатова А.И., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Благодарности и финансирование.** Публикация подготовлена при поддержке Программы РУДН «5–100».

**История статьи:** поступила в редакцию 15.10.2020; принята к публикации 09.11.2020.

**Для цитирования:** Султанов С.З., Нигматуллин А.Т., Сатыев Б.Б., Лебедева А.В., Милутка А.С., Курбатова А.И. Анализ требований, предъявляемых к продукции халяль при ее экспорте в Турцию и ОАЭ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 72–81. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-72-81>

## **Analysis of the requirements for halal products when they are exported to Turkey and the UAE**

**Sabit Z. Sultanov<sup>1</sup>✉, Aydar T. Nigmatullin<sup>1</sup>, Bekkhan B. Satuev<sup>2</sup>, Adel V. Lebedeva<sup>3</sup>, Anastasia S. Milutka<sup>3</sup>, Anna I. Kurbatova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Republic of Bashkortostan, 55/59 Bulvar Ibragimova, Ufa, 450006, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Ministry of Economical, Territorial Development and Trade of the Chechen Republic, 3 Nazarbayeva St, Grozny, 364022, Russian Federation*

<sup>3</sup>*People's Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

✉ [expert@bashtest.ru](mailto:expert@bashtest.ru)

**Abstract.** The provisions of the halal standards in force in the Republic of Turkey and the United Arab Emirates are examined. The differences in the requirements for halal products established in the indicated countries are analyzed. Halal products are gaining popularity in the consumer market. According to the results of the report on the Islamic economy, the growth in popularity by 2020 will be 6.5%. At the same time, there is a constant trend of growth in market volumes. There is a report from the Center for Development of Islamic Economy in Dubai that Muslims spent \$ 2.2 trillion in 2018, while by 2020 this amount was \$ 2.4 trillion. The global development of the halal food market and its frequent discrepancies in the concept, the lack of uniform rules for handling products leads to disunity of the rules for handling products. It should be remembered that the Republic of Turkey and the United Arab Emirates, being members of the Islamic Cooperation, are also the main suppliers of halal goods. Moreover, both states should have the same requirements for halal, which nevertheless differ. In the Republic of Turkey, halal food requirements and slaughter rules are set out in one standard TS OIC/SMIIC 1 “General Guidelines for Halal Foods”. In the UAE, the same requirements are set out in two standards: UAE.S GSO 993 “Requirements for slaughtering animals in accordance with Islamic rules” and UAE.S GSO 2055-1 “Halal Food. Part 1. General Requirements”. A study of the requirements for halal products and processes, set out in the standards of the two countries, showed that on fundamental issues they coincide. But there are also certain differences in the requirements that can become a problem when supplying the same products to Turkey and the UAE.

**Keywords:** halal products, food, export, animal slaughter rules, recognition

**Acknowledgements and Funding.** The publication has been prepared with the support of the “RUDN University Program 5–100”.

**Article history:** received 15.10.2020; revised 09.11.2020

**For citation:** Sultanov SZ, Nigmatullin AT, Satuev BB, Lebedeva AV, Milutka AS, Kurbatova AI. Analysis of the requirements for halal products when they are exported to Turkey and the UAE. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):72–82. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-72-81>

## Введение

Продукция с маркировкой «халяль» стремительно набирает популярность на мировом потребительском рынке. Экспорт продукции халяль рассматривается сегодня как одно из перспективных направлений развития внешне-торговой деятельности.

В докладе о глобальной исламской экономике, подготовленном Thomson Reuters («Томсон Рейтер») и консалтинговой компанией DinarStandard («ДинарСтандарт») по заказу правительства эмирата Дубай, говорится, что мировой рынок халяль-продуктов и мусульманских услуг (без учета исламского банкинга) в ближайшие годы будет расти на 6,5 % в год и к 2020 г. достигнет 2,6 трлн долл.

Объем рынка продуктов питания, изготовленных в соответствии с требованиями халяль, в 2014 г. оценивался в 1,13 трлн долл. (это больше китайского и американского продуктового рынка), а к 2020 г. должен вырасти до 1,585 трлн долл. [1].

Согласно опубликованному Центром исламского развития Дубая (DIEDC, Dubai Islamic Economy Development Centre) отчету о состоянии мировой исламской экономики (SGIE, Global Islamic Economy Report) 2019–2020 гг.<sup>1</sup>, продолжается глобальный рост в секторах экономики, связанных с исламским образом жизни, финансовой сферой, халяль-продуктами.

В отчете приводятся данные, что в 2018 г. мусульмане потратили 2,2 трлн долл. США в сферах продовольствия, фармацевтики и образа жизни, показав рост в размере 5,2 % в годовом промежутке. По Глобальному индикатору исламской экономики, включающему 73 страны, лидирует Малайзия, ОАЭ, Бахрейн и Саудовская Аравия. Больших успехов достигла Индонезия, поднявшаяся с 10 на 5 место.

На начало 2018 г. в мире проживало около 1,8 млрд мусульман. Прогнозируется, что к 2060 г. их число достигнет 3 млрд человек, увеличившись на 70 %.

Мировой рынок халяль-продуктов и мусульманских услуг (без учета исламских финансов) будет расти и по прогнозам достигнет 3,2 трлн долл. США к 2024 г. при совокупных ежегодных темпах роста в 6,2 %<sup>2</sup> [2].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что развитие отечественной халяль-индустрии, помимо удовлетворения запросов внутреннего рынка, можно также рассматривать как одно из приоритетных направлений внешне-торговой деятельности.

<sup>1</sup> Потребительские расходы в секторах исламской экономики составляют 2,2 трлн долл. США // Информационное агентство эмиратов. URL: <https://wam.ae/ru/details/1395302802098> (дата обращения: 12.07.2020).

<sup>2</sup> Там же.

При этом для развития экспортного потенциала России по поставкам халяльной продукции на зарубежные рынки необходим всесторонний анализ требований, предъявляемых к такой продукции в различных странах, а также комплекс мероприятий по взаимодействию с региональными и международными организациями по стандартизации, направленных на разработку национальных стандартов, гармонизированных с положениями соответствующих международных документов [3].

В настоящее время в мировой практике существует несколько течений (школ) исламского права (мазхабов), что привело к отсутствию единых принципов и требований, предъявляемых к халяльной продукции и органам, осуществляющим их оценку, установленных стандартами халяль различных региональных организаций [3; 4].

### **Стандарты Турецкой Республики и Объединенных Арабских Эмиратов**

Перспективы развития глобального рынка продукции халяль и услуг, а также существующие противоречия в толковании понятия «халяль» и отсутствие единых правил обращения продукции халяль в мусульманских странах делают весьма актуальным исследование требований к продукции и услугам халяль на примере стандартов Турецкой Республики и Объединенных Арабских Эмиратов для потенциальных поставщиков в указанные страны, поскольку в них ведется активная разработка и внедрение стандартов в сфере халяль. Это делает прозрачными правила обращения продукции халяль в указанных странах.

Необходимо отметить, что и Турецкая Республика, и Объединенные Арабские Эмираты являются членами Организации исламского сотрудничества (ОИС) и действующего при ней Института стандартов и метрологии для исламских стран (SMIC). Одной из целей деятельности SMIC<sup>3</sup> является внедрение стандартов ОИС/SMIC в государствах-членах и устранение любых факторов, связанных со стандартами, которые могут отрицательно повлиять на торговлю между государствами-членами. SMIC нацелен на внедрение гармонизированных стандартов в государствах-членах, устранение технических барьеров в торговле и развитие торговли между ними. Он устанавливает схемы сертификации и аккредитации с целью ускорения товарообмена между государствами-членами, начиная с взаимного признания сертификатов.

Казалось бы, это дает основание ожидать, что требования к продукции халяль в двух странах должны быть идентичными. Но, помимо членства в SMIC<sup>4</sup>, ОАЭ также является членом Совета сотрудничества арабских государств Персидского залива (GCC) и членом Организации по стандартизации стран Персидского залива (GSO).

В рассматриваемых странах государственными органами, издающими стандарты халяль, являются Турецкий институт стандартов (TSE) и Управление стандартизации и метрологии Эмиратов (ESMA). Большинство стандартов, опубликованных ESMA, основаны на стандартах GSO [3].

<sup>3</sup> Техническое регулирование и стандартизация халяль // Стандарты качества. URL: <https://standartno.by/information/tekhnicheskoe-regulirovanie-i-standartizatsiya-khalyal/> (дата обращения: 18.05.2020).

<sup>4</sup> Там же.

В Турецкой Республике требования к продуктам питания халяль и правилам убоя изложены в одном стандарте – TS OIC/SMIIC 1 «Общее руководство по продуктам питания халяль», принятом на основе стандарта OIC/SMIIC 1 “General Requirements for Halal Food”.

В ОАЭ эти же требования изложены в двух стандартах – UAE.S GSO 993 «Требования убоя животных в соответствии с Исламскими правилами» и UAE.S GSO 2055-1 «Продукты питания Халяль. Часть 1. Общие требования».

Поскольку членами SMIIC являются 39 исламских стран, можно предположить, что стандарты OIC/SMIIC по вопросам халяль являются наиболее выверенными с точки зрения интересов стран-участниц. Стандарты ОАЭ больше опираются на ханбалитский мазхаб [4].

Знание о том, что дозволено и не дозволено употреблять в пищу, входит в категорию первостепенных знаний, которыми должен обладать каждый мусульманин, так как за употребление харам (недозволенного) обещана суровая кара. Но при этом список животных, мясо которых дозволено употреблять в пищу, и животных, мясо которых употреблять запрещено, имеет существенные отличия, в зависимости от мазхаба<sup>5</sup>.

Рассмотрение турецкого стандарта TS OIC/SMIIC 1 показывает детальное изложение требований, что исключает возможности вольного толкования тех или иных его положений. В турецком стандарте в нормативных ссылках приведены документы, имеющие статус международных, с указанием, что они необходимы для применения данного стандарта. Получить доступ к документам, имеющим статус международных, проще, что облегчает работу со стандартом. В стандартах ОАЭ UAE.S GSO 993 и UAE.S GSO 2055-1 ссылки даются только на региональные документы, а именно на стандарты Организации по стандартизации стран Персидского залива.

В стандартах Турции и ОАЭ отличаются и списки нехаляльных животных, что связано, как уже отмечалось, с влиянием господствующих мазхабов. В частности, в турецком стандарте все хищные животные, грызуны, ящерицы считаются нехаляльными. А согласно стандарту ОАЭ UAE.S GSO 2055-1 из числа нехаляльных животных исключены гиены, тушканчики, ящерицы и саранча.

Имеются различия и в требованиях к убою животных. В турецком стандарте, в отличие от стандарта UAE.S GSO 993, детально расписаны правила и условия убоя, правила обращения с животными и готовой продукцией.

Существенными являются отличия в требованиях к персоне убойщика. В турецком стандарте, принятом на основе стандарта OIC/SMIIC, конкретно указано, что убойщиком должен быть взрослый мусульманин, который психически здоров и полностью понимает основные правила и условия, касающиеся убоя животных. Стандарт ОАЭ UAE.S GSO 993 не регламентирует возраст убойщика и кроме мусульман допускает к убою животных представителей иудейской и христианской веры, здравомыслящих и осведомленных о требованиях убоя. Понятно, что с точки зрения требований стандарта TS OIC/SMIIC 1 продукция, полученная с использованием труда убойщика иудея или христианина, не может считаться халяльной.

<sup>5</sup> Животные, мясо которых можно есть // Исламский информационный портал. URL: <http://islam.ru/content/veroeshenie/43714> (дата обращения: 24.07.2020).

В вопросе применения оглушения при забое птиц более бескомпромиссными являются требования стандарта UAE.S GSO 993: оглушение птицы не допускается ни при каких обстоятельствах, в то время как турецкий стандарт его допускает при соблюдении определенных условий. В случае механического убоя птицы турецкий стандарт также регламентирует время кровотоечения – не менее 180 секунд. В стандарте Эмиратов такой нормы нет.

### Особенности требований к продукции халяль

Изучение требований к продукции и процессам халяль, изложенных в стандартах двух стран, показало, что в целом, по основополагающим вопросам, они совпадают. Но есть и определенные отличия, которые могут стать проблемой при поставках одной и той же продукции в Турцию и ОАЭ.

Имеющиеся отличия, вероятно, связаны с тем, что ОАЭ и Турция относятся к различным школам исламского права (мазхабам) (табл., рис.). В исламе наибольшее распространение среди мусульман-суннитов имеют четыре мазхаба: ханафиты, шафииты, маликиты и ханбалиты<sup>6</sup>. Среди мусульман-шиитов широко распространен джафаритский мазхаб.

**Структура порядка обязательных правил в системе институциональных отношений «ислам – экономика»<sup>7</sup>**

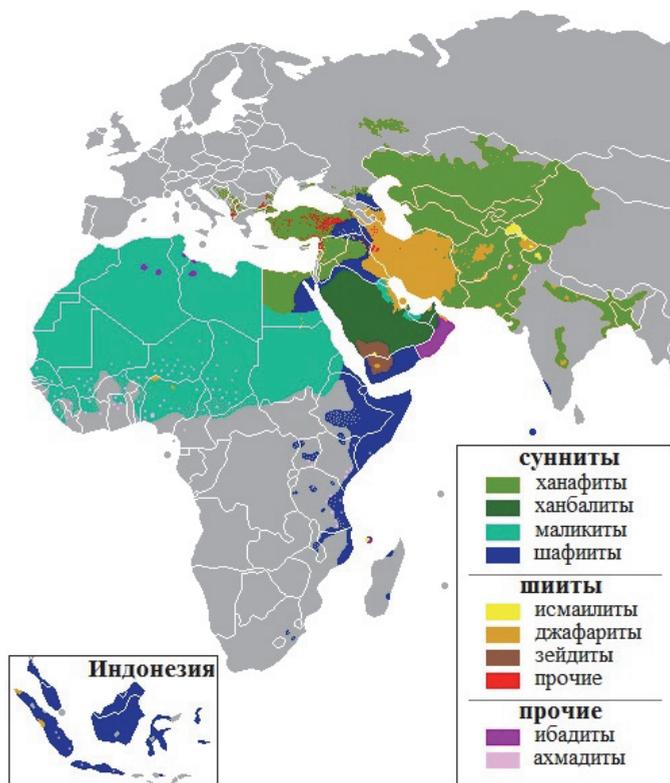
Порядок, основатель	Труды основателя	Источники	Территория распространения
<i>Ханафитский мазхаб</i> , Нуман ибн Сабит Абу Ханифа	«Китаб аль-асар», «Алим ва аль-мута-аллим», «Фихх аль-акбар», «Джами аль-масанид» и др.	Коран, Сунна, высказывания сподвижников (мусульмане, видевшие пророка Мухаммада) и табиитов (следующее поколение мусульман за сподвижниками), кьяс (сравнение по аналогии), истихсан (предпочтение противоречащего кьясу, но более целесообразного в данной ситуации решения), иджма (единогласное мнение уммы), урф (традиционно распространенные мнения)	Турция, Ирак, Афганистан, Узбекистан, Пакистан, Индия, Китай, Япония, Казахстан, Россия (Татарстан, Башкортостан и пр.) и др.
<i>Маликитский мазхаб</i> , Малик ибн Анас Абу Абдулла	«Китаб аль-муватта», «Аль-Мудавванат аль-кубра», «Тафсир Гариб аль-Куран», «Китаб ас-сирр» и др.	Коран, Сунна, традиции мединцев, высказывания сподвижников, кьяс, истислах (решение на основе общественной пользы), истихсан	Судан, Тунис, Алжир, Мали, Нигерия и др.
<i>Шафиитский мазхаб</i> , Абу Абдуллах Мухаммад ибн Идрис аш-Шафии	«Ахкам аль-Куран», «Ихтилаф аль-хадис», «Муснад аш-Шафии», «Рисала фи аль-усуль», «Аль-умм» и др.	Коран, Сунна, иджма, высказывания сподвижников, кьяс	Египет, Пакистан, Индонезия, Индия, Россия (Северный Кавказ) и др.
<i>Ханбалитский мазхаб</i> , Ахмад ибн Мухаммад ибн Ханбаль	«Китаб аль-муснад», «Китаб ат-тафсир», «Китаб ат-тарих», «Китаб аль-мукаддам ва аль-муахар фи аль-Куран» и др.	Коран, Сунна, высказывания сподвижников, кьяс, иджма, истисхаб (временность действия любой фетвы до предьявления новых доказательств)	Саудовская Аравия, Ирак, Кувейт и др.

<sup>6</sup> Мазхаб // IslamToday. URL: <https://islam-today.ru/veroucenie/mazhab/> (дата обращения: 13.03.2020).

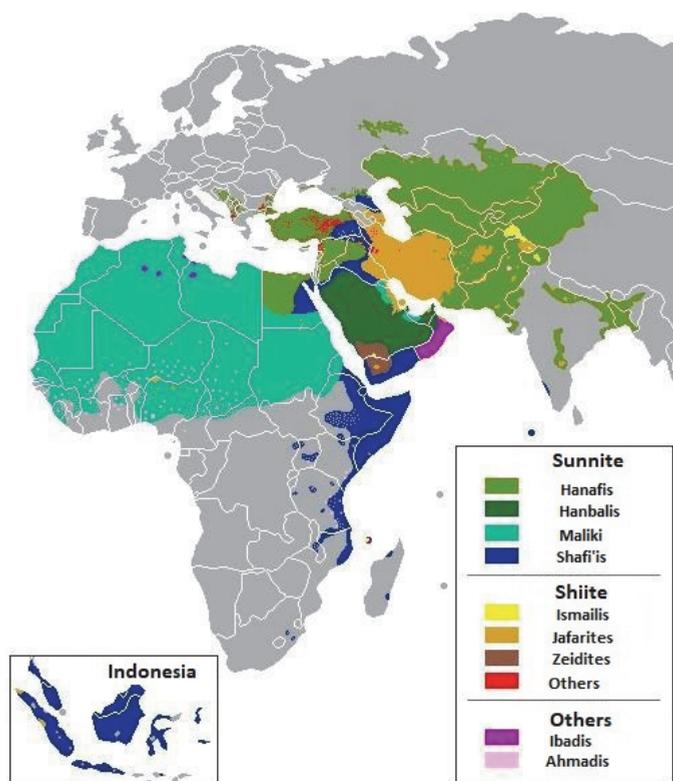
<sup>7</sup> Институт стандартов и метрологии исламских стран / Организация исламского сотрудничества. URL: <https://www.smiic.org/index.php/en/smiic> (дата обращения: 22.09.2020).

**The structure of the order of mandatory rules in the system of institutional relations “Islam – economy”<sup>8</sup>**

Order, founder	Founder's works	Sources	Distribution area
<i>Hanafi madhhab</i> , Numan ibn Thabit Abu Hanifa	“Kitab al-asar”, “Alim wa al-mutaallim”, “Fikh al-akbar”, “Jami al-masanid” and others	Koran, Sunnah, sayings of the Companions (Muslims who saw the prophet Muhammad) and Tabiins (the next generation of Muslims for the companions), qiyas (comparison by analogy), istihsan (preference for a solution that contradicts qiyas, but more appropriate in this situation), ijma (unanimous opinion of the ummah), urf (traditionally widespread opinions)	Turkey, Iraq, Afghanistan, Uzbekistan, Pakistan, India, China, Japan, Kazakhstan, Russia (Tatarstan, Bashkortostan, etc.), etc.
<i>Maliki madhhab</i> , Malik ibn Anas Abu Abdullah	“Kitab al-Muwatta”, “Al-Mudawwanat al-Kubra”, “Tafsir Garib al-Qur’an”, “Kitab al-Sirr”, and others	Koran, Sunnah, traditions of the Medinians, sayings of companions, qyas, istislah (decision based on public benefit), istihsan	Sudan, Tunisia, Algeria, Mali, Nigeria, and others
<i>Shafi'i madhhab</i> , Abu Abdullah Muhammad ibn Idris ash-Shafi'i	“Ahkam al-Quran”, “Ikhtilaf al-hadith”, “Musnad ash-Shafi’i”, “Risala fi al-usul”, “Al-umm” and others	Koran, Sunnah, ijma, sayings of companions, qyas	Egypt, Pakistan, Indonesia, India, Russia (North Caucasus), etc.
<i>Hanbali school</i> , Ahmad ibn Muhammad ibn Hanbal	“Kitab al-Musnad”, “Kitab at-Tafsir”, “Kitab at-Tarikh”, “Kitab al-Muqaddam wa al-Muahar fi al-Quran” and others	Koran, Sunnah, sayings of companions, qiyas, ijma, istishab (time duration of any fatwa until new evidence is presented)	Saudi Arabia, Iraq, Kuwait, etc.

Регионы распространения основных школ исламского права (мазхабы)<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Institute of Standards and Metrology of Islamic Countries / Organization of Islamic Cooperation. Available from: <https://www.smiic.org/index.php/en/smiic> (accessed: 22.09.2020).



Regions of distribution of the main schools of Islamic law (madhhabs)<sup>10</sup>

В ОАЭ, Саудовской Аравии и Катаре официальной догматическо-правовой школой (мазхаб) является ханбализм. Среди четырех суннитских мазхабов ханбалитский является самым малочисленным по числу приверженцев.

Турция же относится к ханафитской, самой многочисленной по числу последователей, школе исламского права.

Хотя указанные стандарты халяль разработаны в исламских странах – членах СМПС, в них имеются отличия в требованиях к продукции и процессам, что может стать барьером для развития международного рынка продукции халяль.

Два года назад Россия также приступила к разработке собственных национальных стандартов халяль. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) создан проектный технический комитет № 704 «Продукция и услуги халяль», осуществивший разработку предварительного национального стандарта ПНСТ 378-2019 «Продукция и услуги халяль. Общие термины и определения».

<sup>9</sup> Техническое регулирование и стандартизация халяль // Стандарты качества. URL: <https://standartno.by/information/tekhnicheskoe-regulirovanie-i-standartizatsiya-khalyal/> (дата обращения: 18.05.2020).

<sup>10</sup> Там же.

## Заключение

Проведенный анализ требований стандартов Турции и ОАЭ позволяет предположить, что положения турецкого стандарта, разработанного на основе стандарта ОИС/СМПС 1, принятого с учетом мнений всех стран – участниц СМПС, гармонизированы с подходами всех школ исламского права (мазхабов) по вопросам халяль и могут быть учтены при разработке российских национальных стандартов, устанавливающих требования к продукции халяль.

## Список литературы / References

- [1] Rachman YT, Wulandari NS. Halal certification and repeated purchase: how is social accounting implemented (case study at one of the famous cake and bakery shop in Indonesia). *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*. 2020;24(2): 3314–3319. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I2/PR200643>
- [2] Hosseini E, Rahban M, Moosavi-Movahedi AA. Halal products and healthy lifestyle. In: *Rationality and Scientific Lifestyle for Health*. Cham: Springer; 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74326-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74326-0_7)
- [3] Bogdan VV, Kirikova AA. Statutory regulation of “religious” certification of halal products in the consumer market in Russia and Kazakhstan: legal developments in the protection of consumer rights in 2014–2015. *Law and Politics*. 2016;(1):67–70. <https://doi.org/10.7256/1811-9018.2016.1.16169>  
*Богдан В.В., Кирикова А.А.* Халяльная (адальная) продукция: нормативное регулирование «религиозной» сертификации на потребительском рынке России и Казахстана: новации защиты прав потребителей в 2014–2015 гг. // *Право и политика*. 2016. № 1. С. 67–70. <https://doi.org/10.7256/1811-9018.2016.1.16169>
- [4] Borzooei M., Asgari M. Country-of-origin effect on consumer purchase intention of halal brands. *American Journal of Marketing Research*. 2015;1(1):1–10.

### Сведения об авторах:

*Султанов Сабит Зигатович*, кандидат химических наук, начальник отдела подтверждения соответствия, Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Башкортостан. E-mail: [expert@bashtest.ru](mailto:expert@bashtest.ru)

*Нигматуллин Айдар Тимербекович*, кандидат химических наук, начальник отдела компьютерного обеспечения, Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Башкортостан. E-mail: [aydar\\_nt@mail.ru](mailto:aydar_nt@mail.ru)

*Сатуев Бекхан Бексолтович*, министр экономического, территориального развития и торговли Чеченской Республики. E-mail: [satuev@mail.ru](mailto:satuev@mail.ru)

*Лебедева Адель Вильевна*, ведущий научный сотрудник, Институт экологии, Международный институт стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов. E-mail: [lebedeva@rudn.ru](mailto:lebedeva@rudn.ru)

*Милутка Анастасия Сергеевна*, студент магистратуры, Институт экологии, Международный институт стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов. E-mail: [1004199@mail.ru](mailto:1004199@mail.ru)

*Курбатова Анна Игоревна*, кандидат биологических наук, доцент, Институт экологии, Международный институт стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов. E-mail: [kurbatova-ai@rudn.ru](mailto:kurbatova-ai@rudn.ru)

**Bio notes:**

*Sabit Z. Sultanov*, PhD in Chemistry, Head of Conformity Assessment Department, State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Republic of Bashkortostan. E-mail: expert@bashtest.ru

*Aydar T. Nigmatullin*, PhD in Chemistry, Head of Department for Computer Support, State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Republic of Bashkortostan. E-mail: aydar\_nt@mail.ru

*Bekkhan B. Satuev*, Minister of Economical, Territorial Development and Trade of Chechen Republic. E-mail: satuev@mail.ru

*Adel V. Lebedeva*, Research Professor, Institute of Environmental Engineering, International Institute for Strategic Development of Sectoral Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: lebedeva@rudn.ru

*Anastasia S. Milutka*, MA student in Environmental Sciences, Institute of Environmental Engineering, International Institute for Strategic Development of Sectoral Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: 1004199@mail.ru

*Anna I. Kurbatova*, PhD in Environmental Sciences, Institute of Environmental Engineering, International Institute for Strategic Development of Sectoral Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: kurbatova-ai@rudn.ru

## ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ENVIRONMENTAL DEFENCE

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-82-91

УДК 504.05:691

Научная статья / Research article

### Минимизация воздействия отходов щебеночного производства на окружающую среду путем их вовлечения в составы дорожно-строительных материалов

Н.А. Коновалова<sup>✉</sup>, П.П. Панков, Д.В. Бесполитов

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта,  
Российская Федерация, 672040, Чита, ул. Магистральная, д. 11*

<sup>✉</sup> [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрено воздействие Талданского щебеночного завода и отходов, образующихся в процессе его деятельности, на окружающую среду. На отвальных массивах общей площадью 600 га накоплено около 2,9 млн т отсевов дробления горных пород. Поэтому ликвидация накопленного вреда окружающей среде, возникшего за долгие годы функционирования завода, является актуальной задачей. Одно из технологических решений ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, основанное на физико-химическом воздействии на отходы, – стабилизация, или искусственное камнеобразование. Вовлечение отсевов дробления в составы дорожных цементогрунтов (искусственных каменных материалов) позволит решить комплекс острых экологических проблем за счет их крупнотоннажного прямого использования. Применение отсевов дробления в дорожном строительстве будет способствовать рациональному и экономически эффективному использованию природного минерального сырья, так как данный процесс не повлечет за собой увеличение затрат на его добычу и переработку. Комплексом современных методов (атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, растровая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, инфракрасная спектроскопия) изучены химический, фазовый состав и свойства отсева дробления для обоснования возможности его утилизации в составах цементогрунтов. Показано, что введение 8 мас. % минерального вяжущего и стабилизирующей добавки полимерной природы «Элемент» (1, 5, 10 мас. %) позволяет получить цементогрунты с маркой прочности М100.

**Ключевые слова:** отходы щебеночного производства, отсев дробления, антропогенное воздействие, объекты накопленного вреда окружающей среде, утилизация отходов, дорожный цементогрунт, стабилизирующая добавка

**История статьи:** поступила в редакцию 20.02.2020; принята к публикации 20.11.2020.

**Для цитирования:** Коновалова Н.А., Панков П.П., Бесполитов Д.В. Минимизация воздействия отходов щебеночного производства на окружающую среду путем их вовлечения в составы дорожно-строительных материалов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 82–91. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-82-91>

## **Minimization of the impact of rubble production wastes on the environment by their involvement in the compositions of road-building materials**

**Nataliya A. Konovalova**✉, **Pavel P. Pankov**, **Dmitry V. Bespolitov**

*Trans-Baikal Institute of Railway Transport,  
11 Magistralnaya St, Chita, 672040, Russian Federation*

✉ [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

**Abstract.** The impact of Taldan crushed stone plant and wastes formed in process of its activity on the environment is considered. About 2.9 million tons of siftings of rock grinding were accumulated in dump massifs with a total area of 600 hectares. Therefore, elimination of accumulated harm to the environment that has arisen over many years of operation of Taldan crushed stone plant is the actual task. One of the technological solutions of liquidation of objects of accumulated harm to the environment based on physicochemical impact on wastes is stabilization or artificial stone formation. Drawing of siftings of rock in soil concrete compositions (artificial stone materials) allows to solve complex of acute environmental problems due to their large-tonnage direct use. The use of siftings of rock in road building will contribute to the rational and cost-effective use of natural mineral raw materials, since this process will not entail an increase in the costs of its extraction and processing. A set of modern methods (atomic-emission spectrometry with inductively coupled plasma, scanning electron microscopy, X-ray phase analysis, infrared spectroscopy) were used to study the chemical, phase composition and properties of siftings of rock to substantiate the possibility of its utilization in the composition of soil concrete. It is shown that the introduction of an 8 wt. % of mineral binder and polymer stabilizing additive “Element” (1, 5, 10 wt. %) allows to get soil concrete with a mark of strength M100.

**Keywords:** rubble production wastes, sifting of rock, anthropogenic impact, objects of accumulated environmental damage, utilization of wastes, soil concrete, stabilizing additive

**Article history:** received 20.02.2020; revised 20.11.2020.

**For citation:** Konovalova NA, Pankov PP, Bespolitov DV. Minimization of the impact of rubble production wastes on the environment by their involvement in the compositions of road-building materials. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):82–91. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-82-91>

### **Введение**

На долю горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности приходится до 80 % всех крупнотоннажных отходов [1], которые не пригодны для сельскохозяйственного использования, занимают значительные площади, приводят к ухудшению экологической обстановки на прилегающих территориях [2–4]. Добыча, транспортирование, первичная переработка

минерального сырья влекут нарушение структуры и целостности экосистем, изменение рельефа, образование провалов и проседание земной поверхности, пылеобразование, шумы, загрязнение химическими веществами, иссушение почвенно-грунтового покрова [5–9].

При переработке горных пород на щебеночных заводах России ежегодно образуется до 90 млн м<sup>3</sup> отсевов дробления, отвалы которых занимают значительные площади плодородных земель и нарушают сбалансированное состояние в экосистемах [10]. Горные предприятия платят налог за использование земель, на которых расположены отвалы отсевов дробления, и, как правило, вынуждены включать данные затраты в себестоимость выпускаемой продукции [11; 12]. Техногенные месторождения таких отходов приводят к пылению, изменению рельефа, а также нарушают гидрогеологические и эколого-геологические условия на территории их размещения [13].

Вместе с тем утилизация крупнотоннажных отходов горнопромышленных предприятий в США и Европе достигает 85–90 % [14]. В России годовой объем реализации таких отходов не превышает 4 %, что связано с их наличием практически на всех предприятиях добывающей и перерабатывающей промышленности, а также с затратами на транспортировку и, соответственно, с ростом цен на них [15]. Утилизация отсевов является серьезнейшей проблемой предприятий, производящих щебень, поскольку выход отсевов дробления может составлять до 40 % от объема товарного щебня [16].

В научной литературе показано, что основной отраслью, применяющей отсевы дробления горных пород, является строительная [17–19]. Однако авторы [19] полагают, что утилизация отсевов в строительной индустрии сдерживается содержанием пылевидных частиц (до 25 %) и формой зерен. Классификация отсевов по фракциям является энергоемкой, а следовательно, дорогостоящей [16]. Производители строительных материалов отдают предпочтение первичным природным материалам, поэтому ресурсный потенциал отходов не достаточно полно используется [20]. Вместе с тем отсевы дробления обладают ресурсным потенциалом, вовлечение которого в производство дорожных цементогрунтов может значительно сократить использование первичного минерального сырья, особенно в тех регионах Российской Федерации, где дефицит и высокая стоимость кондиционного минерального сырья является основной причиной удорожания строительства.

**Цель исследования** заключается в анализе экологической обстановки на территории Талданского щебеночного завода и разработке способа утилизации отсевов дробления в составах дорожных цементогрунтов.

### **Материалы и методы**

Талданский щебеночный завод, основанный в 1981 г., находится на территории поселка Талдан (Сковородинский район) в 2 км к юго-западу от станции Талдан Забайкальской железной дороги (рис. 1). Имеется подъездной железнодорожный путь протяженностью 4 км до погрузочного пункта щебеночного завода. Площадь Сковородинского района составляет 20,5 тыс. м<sup>2</sup>, население – 33 000 человек. На территории района расположен комплексный Урушинский заказник, площадь которого 30 000 га, а также памятник природы – Игнашинский минеральный источник. По территории протекают реки Амур, Урка, Омутная, Уруша.

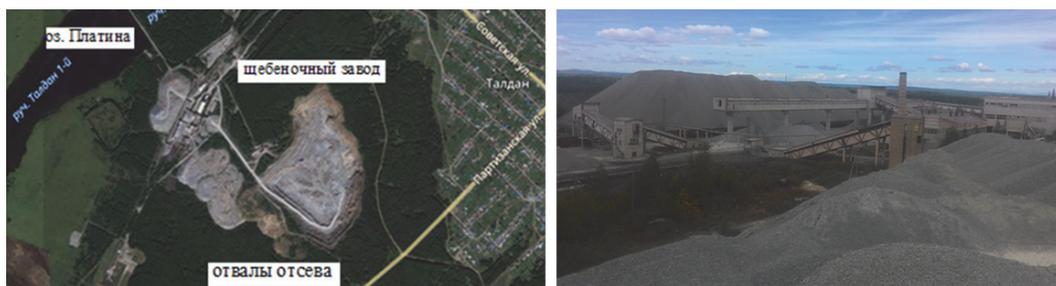


Рис. 1. Талданский щебеночный завод

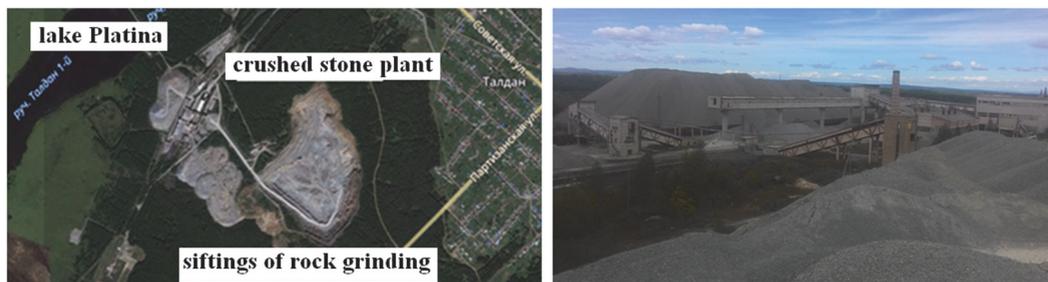


Figure 1. Taldan crushed stone plant

Талданский щебеночный завод с 2008 г. является филиалом ОАО «Первая нерудная компания» (ОАО «ПНК»), основанным на базе имущества ОАО «Российские железные дороги». ОАО «ПНК» – одна из крупнейших компаний, осуществляющих добычу и переработку нерудных полезных ископаемых с производительностью около 17 млн м<sup>3</sup> в год. Проектная мощность Талданского щебеночного завода составляет 780 000 м<sup>3</sup> щебня в год. Щебеночный завод занимается разработкой месторождения порфиристов и туфов, осуществляя собственными силами буровзрывные работы. Основным потребителем продукции завода является Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», а также предприятия строительной отрасли Забайкальского края и Амурской области.

Проведение предприятием открытых горных работ сопровождается формированием отвалов и нарушением значительных земельных ресурсов, причем негативному воздействию подвергаются не только земли и водные ресурсы в пределах карьера, но и территории, занимаемые под внешние отвальные массивы (рис. 2). Рядом с заводом и отвалом отсевов расположено озеро Платина и ручей Талдан (рис. 1).

Рентгенофазовый анализ отсева дробления и образцов на его основе выполняли методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия). ИК-спектры регистрировали инфракрасным Фурье-спектрометром SHIMADZU FTIR-8400S. Химический состав исходного минерального сырья определяли атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с помощью спектрометра эмиссионного Optima 5300DV (167–403 нм) PerkinElmer, США. Образцы предварительно растворяли в смеси кислот HCl, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> и HF. Микроструктуру образцов исследовали растровым электронным микро-

скопом JSM-6510LV·JEOL (Япония) с системой микроанализа – энергодисперсионным рентгеновским спектрометром модели INCA Energy 350, Oxford Instruments (Великобритания). Тонкий слой платины на непроводящий образец напыляли посредством установки JFC-1600 (Великобритания).



**Рис. 2.** Отвальные массивы отсевов дробления  
**Figure 2.** Dump massifs of sifting of rock

Цементогрунт получали согласно ГОСТ 23558–94 с применением стабилизирующей добавки полимерной природы «Элемент» (ТУ 5775-001-01107272-2017). Дозировку исходных сырьевых компонентов определяли методом подбора. Физико-механические характеристики образцов цементогрунта в возрасте 28 сут изучали по ГОСТ 23558–94 на образцах, подвергнутых полному водонасыщению.

### Результаты и обсуждение

На отвальных массивах Талданского щебеночного завода общей площадью 600 га накоплено около 2,9 млн т отсевов дробления. Нарушенные земли становятся очагами загрязнений воздуха, почв, грунтовых и поверхностных вод. Все это приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий жизни населения, гидрологического, гидрогеологического режимов окружающей местности и, как следствие, снижению урожайности сельскохозяйственных культур, гибели растений на прилегающих к горному объекту территориях. Применение буровзрывного способа разупрочнения вскрышного слоя является одним из самых вредных по воздействию на окружающую среду. Взрывные работы вызывают загрязнение атмосферного воздуха пылью и газами, приводят к нарушению почвенного покрова, увеличению трещиноватости горных пород, а также исчезновению грунтовых вод. Пылегазовые выбросы создают ощутимые отрицательные эффекты в связи с осаждением пыли в жилых районах и на сельскохозяйственных угодьях. При этом нагрузка на атмосферу в момент проведения взрыва является значительной даже на большом расстоянии от источника. Загрязнение атмосферы пылью происходит также при транспортировании, переработке минерального сырья и формировании отвалов. Степень пыления отвалов зависит от влажности материала, скорости ветра и высоты отвала. В почвах, находящихся под отвалами, происходит геохимическая трансформация, приводящая, как правило, к разрушению почвенных коллоидов, нарушению почвенного поглощающего комплекса, увеличению подвижности органического вещества. Неблагоприятное воздействие на атмосферу оказывает карьерная техника, ав-

тотранспорт и другая вспомогательная техника. Увеличение загазованности и запыленности воздуха может оказывать фиброгенное и раздражающее действие на организм человека и способствовать повышению уровня заболеваемости сотрудников предприятия и населения, проживающего в данном районе, пылевыми бронхитами, силикозом и др., а также приводить к нарушению целостности и естественной структуры ландшафтов, эстетической привлекательности памятников природы, потере продуктивности земель.

Анализ технологических решений, применяемых для ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, показал эффективность физико-химических методов, таких как затвердевание/стабилизация, промывка почвы, сорбция и фильтрация. Затвердевание/стабилизация (искусственное камнеобразование) является одним из самых перспективных направлений для решения экологических проблем. Быстрая утилизация отсевов дробления Талданского щебеночного завода возможна при их введении в состав цементогрунтов (искусственных каменных материалов), применяемых при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд, оснований, фундаментов зданий и сооружений, площадок различного назначения. Поскольку эффективность применения данного метода в значительной степени зависит от понимания процессов структурообразования цементогрунта, то в первую очередь необходимо определить состав и свойства исходного минерального сырья.

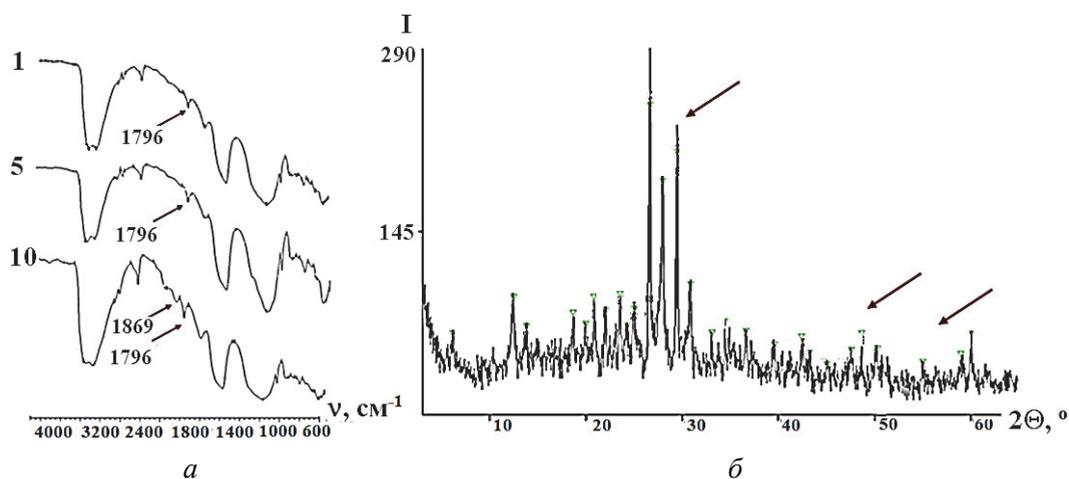
Отсев дробления фракции 0–5 мм относится к типу горной породы – изверженные, интрузивные (андезитодацитовые) порфириды, туфы. Характеристики отсева дробления: насыпная плотность – 1397 кг/м<sup>3</sup>; содержание пылевидных и глинистых частиц – 7,3 %; модуль крупности – 2,3 ед. Данные, полученные методом растровой электронной микроскопии, показывают, что исследуемый отсев неоднороден по своему дисперсному составу и содержит зернистые частицы неправильной формы размером менее 1 мм. Величина удельной эффективной активности естественных радионуклидов (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K) составляет 110 Бк/кг, следовательно, отсев дробления можно применять в строительной индустрии без ограничений.

Химический состав отсева дробления, ω, %: 0,12 MnO; 0,18 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,66 TiO<sub>2</sub>; 2,36 K<sub>2</sub>O; 2,59 Na<sub>2</sub>O; 5,01 MgO; 5,79 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8,81 CaO; 13,90 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 49,6 SiO<sub>2</sub>; потери при прокаливании – 9,18; примеси микроэлементов – 1,80. Рентгенофазовый анализ (РФА) отсева показал, что в его состав входят кварц SiO<sub>2</sub> (4,26; 3,35; 2,45 Å), полевые шпаты NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (4,04; 3,19; 2,99 Å), хлорит (Mg, Al)<sub>6</sub>(Si, Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub> (7,14; 3,56; 2,85 Å) кальцит CaCO<sub>3</sub> (3,77; 3,03; 2,45 Å), доломит CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (2,90; 1,79 Å).

Анализ результатов РФА портландцемента показал, что в его состав входят алит Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub> (5,95; 3,03; 2,97; 2,74; 2,18 Å), белит Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (3,43; 2,88; 2,81; 2,28; 1,76 Å), портландит Ca(OH)<sub>2</sub> (3,19; 2,65 Å) и кварц SiO<sub>2</sub> (3,35; 2,44; 2,32; 2,21; 2,11; 1,82 Å). По результатам АЭС-ИСП, базовый химический состав портландцемента, ω, мас. %: 6,75 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 36,55 CaO; 4,41 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4,04 MgO; 27,90 SiO<sub>2</sub>; 2,80 SO<sub>3</sub>.

Таким образом, исходное минеральное сырье можно отнести к многофазным полиминеральным системам, поэтому при их модификации стабилизирующей добавкой «Элемент» следует уделить внимание омоноличиванию мелкораздробленных частиц.

В образцах цементогрунта варьировали массовые доли портландцемента (6, 8, 10 мас. %) и стабилизирующей добавки «Элемент» (1, 5, 10 мас. %). Экспериментально установлено, что оптимальное содержание портландцемента составляет 8 мас. %. Введение в состав стабилизирующей добавки 1, 5, 10 мас. % позволяет получить морозостойкие образцы с прочностью при сжатии 6,29; 13,13 и 14,30 МПа, а также прочностью при изгибе 1,52; 1,98 и 2,56 МПа соответственно. Полученные цементогрунты соответствуют марке прочности М60–М100, тогда как контрольные образцы, не содержащие добавку «Элемент», имеют марку М20 и характеризуются низкой морозостойкостью. Повышение физико-механических характеристик образцов может свидетельствовать об активном участии стабилизирующей добавки в процессе структурообразования. На рис. 3 приведены данные инфракрасной спектроскопии (ИКС) образцов цементогрунта с различным содержанием добавки «Элемент» (1, 5, 10 мас. %), а также дифрактограмма образца с максимальными прочностными характеристиками, содержащего 10 мас. % стабилизирующей добавки.



**Рис. 3.** ИК-спектры цементогрунтов (а) и дифрактограмма образца с долей стабилизатора 10 мас. % (б)  
**Figure 3.** IR spectrum of soil concrete (a) and a diffractogram of a sample with a stabilizer fraction of 10 wt. % (b)

Выявлено, что увеличение содержания добавки «Элемент» приводит к усилению гидратации (полосы поглощения с максимумами при 3620 и 3420  $\text{cm}^{-1}$ ), а также появлению дополнительных полос поглощения в ИК-спектрах при 1869  $\text{cm}^{-1}$  и увеличению интенсивности полос поглощения при 1796  $\text{cm}^{-1}$ , относящейся к валентным колебаниям группы  $\text{C} = \text{O}$ , входящей в структуру стабилизирующей добавки полимерной природы. Данные РФА образца с максимальными прочностными характеристиками свидетельствуют о протекании процесса карбонизации, что подтверждается увеличением содержания  $\text{CaCO}_3$  (3,0298; 1,8717; 1,6330 Å).

Таким образом, механизм действия стабилизирующей добавки включает процессы гидратации и карбонизации поверхности силикатных минералов, препятствующей выщелачиванию гидроксида кальция.

## Заключение

Талданский щебеночный завод и образуемые в ходе его деятельности отвальные массивы отсевов дробления горных пород оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Это приводит к ухудшению здоровья человека, изменению природных условий обитания водной флоры и фауны, загрязнению подземных и поверхностных вод, изменению рельефа местности, снижению плодородности почв, изменению микроклимата и мн. др.

Перспективным способом ликвидации отвалов отсева дробления (объектов накопленного вреда окружающей среде) является их вовлечение в составы дорожных цементогрунтов с применением физико-химического метода стабилизации (искусственного камнеобразования). Выявлено, что исходное минеральное сырье относится к многофазным полиминеральным системам, поэтому их модификация стабилизирующей добавкой полимерной природы «Элемент» позволяет получить композиты с маркой прочности М60–М100.

## Список литературы

- [1] Худякова Л.И., Войлошников О.В., Кислов Е.В. Пути повышения рационального природопользования на примере Северо-Байкальского рудного района // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2011. Т. 4. № 2. С. 155–161.
- [2] Matinde E., Simate G.S., Ndlovu S. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2018. Vol. 118. Issue 8. Pp. 825–844.
- [3] Kasemodel M.C., Sakamoto I.K., Varesche M.B.A., Rodrigues V.G.S. Potentially toxic metal contamination and microbial community analysis in an abandoned Pb and Zn mining waste deposit // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 675. Pp. 367–379.
- [4] Размахнин К.К., Блиновская Я.Ю. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем при переработке цеолитсодержащих пород // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2018. Т. 5. С. 183–187.
- [5] Brooks S.J., Escudero-Onate C., Lillicrap A.D. An ecotoxicological assessment of mine tailings from three Norwegian mines // Chemosphere. 2019. Vol. 233. Pp. 818–827.
- [6] Krechetov P., Chernitsova O., Sharapova A., Terskaya E. Technogenic geochemical evolution of chernozems in the sulfur coal mining areas // Journal of Soils and Sediments. 2019. Vol. 19. Pp. 3139–3154.
- [7] Shi P., Zhang Y., Hu Z., Ma K., Wang H., Chai T. The response of soil bacterial communities to mining subsidence in the west China Aeolian sand area // Applied Soil Ecology. 2017. Vol. 121. Pp. 1–10.
- [8] García-Lorenzo M.L., Marimón J., Navarro-Hervás M.C., Pérez-Sirvent C., Martínez-Sánchez M.J., Molina-Ruiz J. Impact of acid mine drainages on surficial wasters of an abandoned mining site // Environmental Science and Pollution Research. 2016. Vol. 23. Pp. 6014–6023.
- [9] Бугаева Г.Г., Козум А.В. Факторы экологического риска в зоне действия открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. Т. 9. № 12. С. 292–296.
- [10] Хафизова Э.Н., Ахтямов В.Ф. Исследование влияния техногенных отходов нерудного производства на свойства бетонов // Вестник ТГАСУ. 2017. № 4. С. 107–116.
- [11] Пухаренко Ю.В., Панарин С.Н., Веселова С.И., Черевко С.А. Применение отходов камнедробления в бетонах // Технологии бетонов. 2013. № 11 (88). С. 34–35.

- [12] Далатказин А.А. Отсевы дробления: проблема, требующая решения // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 28–29.
- [13] Коваленко Д.С. Перспективы использования техногенного сырья Луганского региона в строительной индустрии // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. Т. 124. № 2. С. 71–74.
- [14] Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Лащук В.В., Пак А.А. Вскрышные породы месторождений Кольского полуострова и получение щебня на их основе // Экология промышленного производства. 2007. № 1. С. 64–73.
- [15] Генкель А.В., Гришин И.А., Бурмистров К.В., Великанов В.С. Повышение эффективности производства щебня и способы применения отсеков дробления // Горная промышленность. 2015. Т. 124. № 6. С. 64–68.
- [16] Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строчкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 38–41.
- [17] Zengxiang L., Meifeng C. Disposal methods in solid wastes from mines in transition from open-pit to underground mining // Procedia Environmental Sciences. 2012. Vol. 16. Pp. 715–721.
- [18] Zhou L. Investigation and practice on mining land rehabilitation and ecological reconstruction in China // Nonferrous Metals. 2007. Vol. 2. Issue 59. Pp. 90–94.
- [19] Артамонов В.А., Воробьев В.В., Свитов В.С. Опыт переработки отсеков дробления // Строительные материалы. 2003. № 6. С. 28–29.
- [20] Пугин К.Г., Пугина В.К. Особенности использования ресурсного потенциала отходов производства для получения строительных конструкций и материалов // Фундаментальные исследования. 2016. № 9. С. 289–293.

### References

- [1] Khudyakova LI, Voyloshnikov OV, Kislov EV. The ways of rational nature using increasing on example of North Baikal ore region. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. 2011;4(2):155–161. (In Russ.)
- [2] Matinde E, Simate GS, Ndlovu S. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018;118(8):825–844.
- [3] Kasemodel MC, Sakamoto IK, Varesche MBA, Rodrigues VGS. Potentially toxic metal contamination and microbial community analysis in an abandoned Pb and Zn mining waste deposit. *Science of the Total Environment*. 2019;675:367–379.
- [4] Razmahnin KK, Blinovskaya YaYu. Geo-ecological aspects of natural-technical system functioning in processing of zeolite-bearing rocks. *Interekspo GEO-Sibir'*. 2018;5: 183–187. (In Russ.)
- [5] Brooks SJ, Escudero-Onate C, Lillcrap AD. An ecotoxicological assessment of mine tailings from three Norwegian mines. *Chemosphere*. 2019;233:818–827.
- [6] Krechetov P, Chernitsova O, Sharapova A, Terskaya E. Technogenic geochemical evolution of chernozems in the sulfur coal mining areas. *Journal of Soils and Sediments*. 2019;19:3139–3154.
- [7] Shi P, Zhang Y, Hu Z, Ma K, Wang H, Chai T. The response of soil bacterial communities to mining subsidence in the west China Aeolian sand area. *Applied Soil Ecology*. 2017;121:1–10.
- [8] García-Lorenzo ML, Marimón J, Navarro-Hervás MC, Pérez-Sirvent C, Martínez-Sánchez MJ, Molina-Ruiz J. Impact of acid mine drainages on surficial wasters of an abandoned mining site. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016;23:6014–6023.
- [9] Bugaeva GG, Kogut AV. Environmental risk factors in the area of open mining. *Gornyj Informacionno-Analiticheskij Byulleten'*. 2007;9(12):292–296. (In Russ.)

- [10] Khafizova EN, Akhtyamov VF. Concrete production based on industrial non-metallic wastes. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017;(4): 107–116. (In Russ.)
- [11] Puharenko YuV, Panarin SN, Veselova SI, Cherevko SA. Use of waste stone crushing in concrete. *Tekhnologii Betonov*. 2013;11(88):34–35. (In Russ.)
- [12] Dalatkazin AA. Crushing screenings: a problem to be solved. *Stroitel'nye Materialy*. 2006;(8):28–29. (In Russ.)
- [13] Kovalenko DS. Prospects of using the technogenic raw material of Lugansk people's republic in the building industry. *Vestnik Donbasskoj Nacional'noj Akademii Stroitel'stva i Arhitektury*. 2017;124(2):71–74. (In Russ.)
- [14] Krashenninnikov ON, Belogurova TP, Lashchuk VV, Pak AA. Overburden rocks of the Kola Peninsula deposit and production of crushed stone on their basis. *Ekologiya Promyshlennogo Proizvodstva*. 2007;(1):64–73. (In Russ.)
- [15] Genkel AV, Grishin IA, Burmistrov KV, Velikanov VS. Obtaining the efficiency of crushed stone production and methods of using crushing screenings. *Gornaya Promyshlennost'*. 2015;124(6):64–68. (In Russ.)
- [16] Zhernovskij IV, Osadchaya MS, Cherevatova AV, Stokova VV. Aluminium-silicate nano-structured on the basis of granite raw material. *Stroitel'nye Materialy*. 2014;(1–2): 38–41. (In Russ.)
- [17] Zengxiang L, Meifeng C. Disposal methods in solid wastes from mines in transition from open-pit to underground mining. *Procedia Environmental Sciences*. 2012;16:715–721.
- [18] Zhou L. Investigation and practice on mining land rehabilitation and ecological reconstruction in China. *Nonferrous Metals*. 2007;2(59):90–94.
- [19] Artamonov VA, Vorobev VV, Svitov VS. Experience in processing crushing screenings. *Stroitel'nye Materialy*. 2003;(6):28–29.
- [20] Pugin KG, Pugina VK. Features of use of the resource potential of waste products for building constructions and materials. *Fundamental'nye Issledovaniya*. 2016;(9):289–293.

#### **Сведения об авторах:**

Коновалова Наталья Анатольевна, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Забайкальский институт железнодорожного транспорта. E-mail: [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

Панков Павел Павлович, младший научный сотрудник, Забайкальский институт железнодорожного транспорта. E-mail: [pavelpankov110990@mail.ru](mailto:pavelpankov110990@mail.ru)

Бесполитов Дмитрий Викторович, аспирант, Забайкальский институт железнодорожного транспорта. E-mail: [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

#### **Bio notes:**

Nataliya A. Konovalova, PhD in Chemistry, leading researcher, Transbaikal Institute of Railway Transport. E-mail: [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

Pavel P. Pankov, junior researcher, Transbaikal Institute of Railway Transport. E-mail: [pavelpankov110990@mail.ru](mailto:pavelpankov110990@mail.ru)

Dmitry V. Bespolitov, graduate student, Transbaikal Institute of Railway Transport. E-mail: [zabizht\\_engineering@mail.ru](mailto:zabizht_engineering@mail.ru)

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-92-102

UDC 502.4

Research article / Научная статья

## Exploring environmental connection: ecological network opportunities in the Shahdagh National Park, Azerbaijan

Emil Jabrayilov 

*Institute of Geography, Azerbaijan National Academy of Sciences,  
115 H. Javid Ave, Baku, AZ1143, Republic of Azerbaijan*

✉ [e.jabrayilov@geo.science.az](mailto:e.jabrayilov@geo.science.az)

**Abstract.** The high growth rate of consumption of natural resources by people in the last century have seriously and negatively affected ecosystems and led to the loss of biodiversity. At present, it is important to take the necessary measures to ensure sustainable development and biodiversity conservation. Ecological networks play an important role in maintaining and controlling the stability and balance of communication between ecosystem complexes. For this purpose, the possibility of creating an ecological network that includes core areas, buffer zones, ecological corridors and restoration areas in the section of Shamakhi district of the Shahdagh National Park was explored. The designated buffer zone of the national park includes 14 villages and 1 settlement type administrative unit. Mountainous landscapes predominate in the area, and the absolute height ranges from 500–200 m. Riverbeds, intermountain depression, mountain passes, trails and forests which should be planted in the areas we offer, were considered as main factors during the construction of ecological corridors in the national park and the buffer zones. The materials obtained from the literature and our field studies, also, vector and raster data were used during the site identification. The data was processed in software such as ArcGIS 10, ERDAS Imagine, Global Mapper, Google Earth, etc. Existing ecosystems were identified, and areas were calculated in separate elements of the ecological network in the study area.

**Keywords:** ecological network, ecological corridors, buffer zones, ecosystems, Shahdagh National Park, Azerbaijan

**Article history:** received 01.03.2020; revised 20.05.2020.

**For citation:** Jabrayilov E. Exploring environmental connection: ecological network opportunities in the Shahdagh National Park, Azerbaijan. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):92–102. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-92-102>

## Изучение связи с окружающей средой: возможности экологической сети в Шахдагском национальном парке, Азербайджан

Э. Джабраилов 

*Институт географии, Национальная академия наук Азербайджана,  
Азербайджанская Республика, AZ1143, Баку, пр-кт Г. Джавида, д. 115*

✉ [emil.jabrayilov@gmail.com](mailto:emil.jabrayilov@gmail.com)

**Аннотация.** Высокие темпы роста потребления природных ресурсов людьми в прошлом веке оказали значимое негативное воздействие на экосистемы и привели к утрате биоразнообразия. В настоящее время важно принять необходимые меры для обеспечения устойчивого развития и сохранения биоразнообразия. Экологические сети играют важную роль в поддержании и контроле стабильности и баланса связи между экосистемными комплексами. С этой целью изучена возможность создания экологической сети, включающей основные территории, буферные зоны, экологические коридоры и зоны восстановления на участке Шемахинского района Шахдагского национального парка. Обозначенная буферная зона национального парка включает 14 деревень и 1 административную единицу поселкового типа. Здесь преобладают горные ландшафты, абсолютная высота которых колеблется в пределах 500–200 м. Русла рек, межгорные впадины, горные перевалы, тропы и леса, которые должны быть засажены на предлагаемых территориях, рассматривались как основные факторы при создании экологических коридоров в национальном парке и буферных зонах. При идентификации участка использованы материалы, полученные из литературы и собственных полевых исследований, а также векторные и растровые данные. Обработка данных осуществлялась в ArcGIS 10, ERDAS Imagine, Global Mapper, Google Earth и др. Существующие экосистемы идентифицированы, а площади рассчитаны в отдельных элементах экологической сети в районе исследования.

**Ключевые слова:** экологическая сеть, экологические коридоры, буферные зоны, экосистемы, Шахдагский национальный парк, Азербайджан

**История статьи:** поступила в редакцию 01.03.2020; принята к публикации 20.05.2020.

**Для цитирования:** *Jabrayilov E. Exploring environmental connection: ecological network opportunities in the Shahdagh National Park, Azerbaijan // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 92–102. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-92-102>*

### Introduction

The high rate of growth using of natural resources by the human in the last century have seriously negatively affected ecosystems and led to the biodiversity loss [1]. Strengthening ecological coherence and sustainability as a prerequisite for biodiversity conservation and sustainable development is currently increasing its relevance. Ecological networks have been developing for over 40 years as a model in order to preserve the integrity of environmental processes. Since the 1980s, several national environmental programs have been developed in Cen-

tral and Eastern Europe based on the concept of a “polarized landscape” [2] by Russian geographer Boris Rodoman. In most other regions of Europe, the ecological network model is based mainly on MacArthur and Wilson’s Theory of Island Biogeography [3]. Since the 1990s, regional and national programs aimed at expanding and coordinating protected areas have been accelerated in the countries of Western Europe, North America, Latin America and Australia.

Generally, these approaches, which are classified as ecological networks share two common goals: preserving ecosystems to facilitate the protection of species and the environment and reducing the impact of human activities on biodiversity by promoting sustainable use of natural resources or increasing the value of managed landscapes [4]. Ecological networks represent a general approach to how they can be applied at the local level by distributing specific functions in various fields, depending on their environmental value and their potential [5].

Protected areas are essential for protecting biodiversity and supporting environmental processes [6; 7]. It is highly advisable to plan ecological networks in protected areas that play a special role in maintaining environmental integrity. In practice, due to different land ownership and management forms, it is possible for ecological networks to cover some or all of the protected areas. The differentiation of protected areas in terms of type, purpose, and use requires that management mechanisms should be organized according to local conditions.

The Shahdag National Park, which studied in the article, is the largest national park in the South Caucasus and covers mainly the middle and high mountains of the Greater Caucasus in Azerbaijan. The current territory of the national park, created in 2006, is 130,508.1 hectares. The main goals of the establishment of the national park are restoration and management of mountain ecosystems, protection of endemic and endangered species, carrying out scientific research, environmental education of the population, development of ecotourism and so on<sup>1</sup>. The territory of the national park, combining the important and unique mountain landscapes of the country, begins at an altitude of 1000 m above sea level and continues to the highest peaks (Bazarduzu mt, 4466 m; Shahdag mt, 4243 m; Tufandagh mt, 4191 m; Bazaryurd mt, 4126 m; Yaridagh mt, 4116 m) of the country. The national park, which borders the Russian Federation from the north, covers the mountainous parts of six administrative regions of Azerbaijan – Oghuz, Gabala, Ismayilli, Shamakhi, Guba and Gusar. There are two main highways from the capital towards the national park. One of them in the direction of Baku, Shamakhi, Ismayilli, Gabala and Oghuz regions, and another one towards Baku, Guba, and Gusar regions.

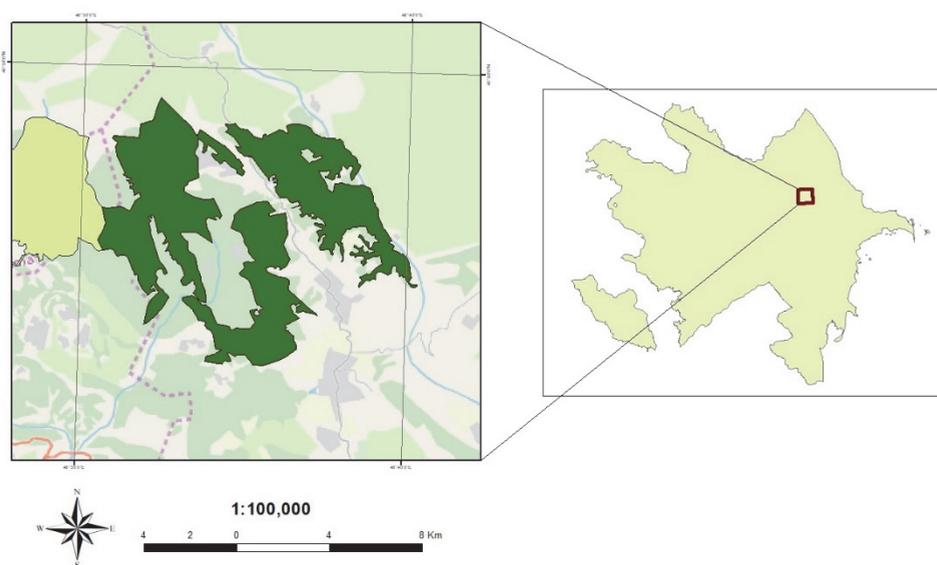
Defining and establishing an ecological network in the park is essential for the development of the national park, including the protection of the environment and biodiversity, reducing the impact of human activities and ultimately ensuring sustainable development of ecosystems.

---

<sup>1</sup> Regulation on Shahdag National Park of the Republic of Azerbaijan. 2008. Available from: <http://www.e-qanun.az/framework/16011> (accessed: 22.02.2020).

## Materials and methods

**Study area.** The study area is part of the Shahdag National Park within Shamakhi District and its surrounding areas (Figure 1). Coordinates: 40°41' – 40°50'N; 48°28' – 48°42'E. The designated buffer zone of the National Park includes 14 villages and 1 settlement type administrative unit. The creation of this protected area dates back to 1968. The Pirgulu State Nature Reserve, established at that time, played an exceptional role in the protection of mountain landscapes, vegetation, soils, and valuable fauna. Since 2006, the nature reserve has been part of the Shahdag National Park.



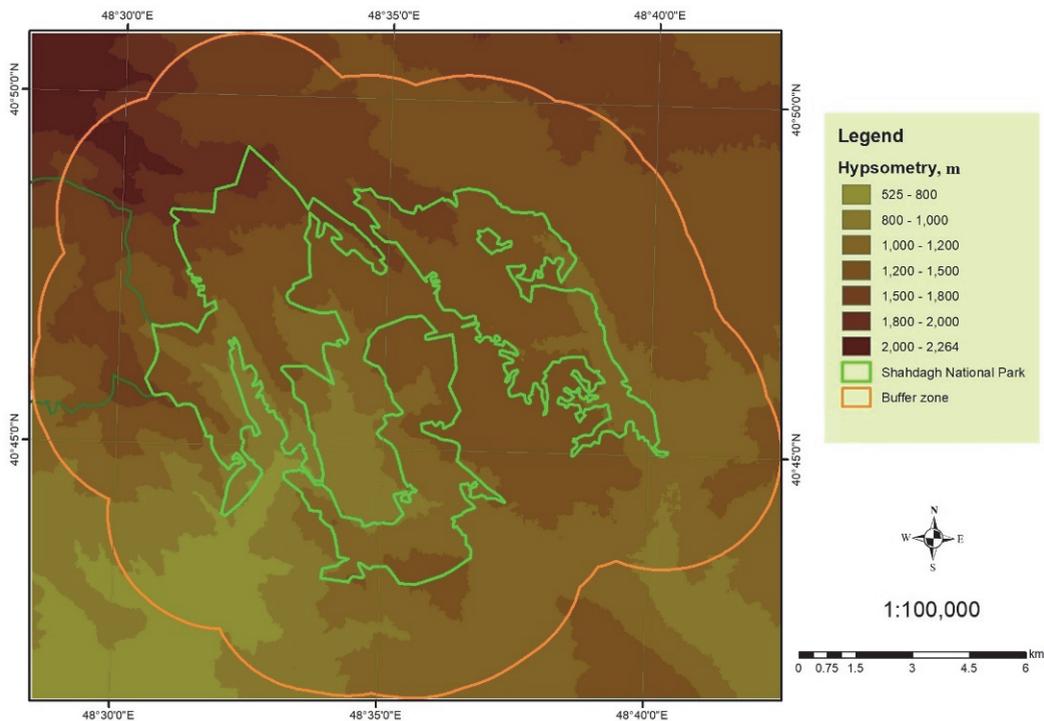
**Figure 1.** Field of study, Shamakhi section of Shahdag National Park

**Methodological approach.** The conceptual model of the research used the ecological network model [1]. Literature and field research materials, vector and raster data were used in the analysis. Topographic maps, satellite images (from Sentinel 2 and Landsat 8), such as raster data, were used to obtain information about the area, boundaries, and infrastructure of the park. The vector data was included in the development of ecological network elements. ArcGIS 10, ERDAS Imagine 15, Global Mapper, Google Earth software programs were used during data processing.

## Analysis and discussion

**Natural resources.** As in other sections of the Shahdag National Park, the study area which is included in the Shamakhi region has a complicated mountainous terrain. The mountainous landscape is predominant in the area and the absolute height varies between 500–2200 m above sea level (Figure 2). The main mountain systems are Mount Pirgulu, Girkhbulag, Gart, Alifdagh and Jangi. Aghsuchay river and its tributaries Kirkhbulag, Avakhil, Marmarakhar, Sis and others, and Pirsaaatchay river with its Janut (Mustafalichay) tributary is the base of the river network in the area. On the banks of Janut river, there is a forest of *Taxus*. Here the forests are of two tiers. While oak, maple, and ash-trees are over in

the first tier, the second half contains the taxus forests [8]. There are landslides and slides on the mountain slopes. The area is more widespread with oak-hornbeam, beech-hornbeam, beech-oak forests at the middle uplands, and forest-steppe, steppe and subalpine meadows at the low highlands.



**Figure 2.** Hypsometric map of the study area

The mountainous relief of the area is one of the key factors affecting climate formation. Here the temperature and precipitation indicators vary depending on the altitude. The average annual temperature in the Pirlgulu stationary is 8 °C. The average temperatures in January and July are –4 °C and 19.7 °C, respectively. Annual precipitation varies between 600 and 900 mm depending on the altitude. Spring and autumn precipitation become more intensive and stronger. July and August are the driest periods. Heavy rains occur frequently and cause the soil to wash and eroded [9; 10].

The relief and climatic conditions of the national park also contributed to the enrichment of biodiversity. Iberian and eastern oak, eastern beech, Caucasian hornbeam, ash-trees, maple and taxus, and types of shrubs, including hawthorn, medlar, blackberries, rose hips, etc., predominate in the forests. Among the species of animals – brown bear, deer, wild boar, wolf, eagle, fox, badger, jackal, rabbit; poultry, pheasants, quail, woodpecker, etc., settled here.

**Legislative base.** Relevant legislative acts adopted to protect these and other beauties of nature are very important elements in this area. Thus, the basis of this legislative framework is the laws of nature protection and ecology adopted in the country, a number of international conventions and protocols that have been ratified. Examples of these laws, currently in force at the local level, are the Law of the Republic of Azerbaijan on Environmental Protection (1999), the Law on

Environmental Security (1999), the Law on Specially Protected Nature Territories and Objects (2000), the Law on Ecological Education and Awareness (2002).

At the international level, such documents as the Ramsar Convention (1971), the Bonn Convention (1979) and the Berne Convention (1979), and the Convention on Biological Diversity (1992) were signed. The Ramsar Convention is the first major international agreement in this regard. This agreement marks the first time a major and significant step towards international protection of wetlands such as brooks, rivers, lakes, and springs [11]. The convention, signed in Bonn, aims at the protection of migratory species, while the Berne Convention provides for the protection of fauna and flora within international cooperation. Although the Convention on Biological Diversity<sup>2</sup>, adopted in 1992 in Rio de Janeiro, does not play a direct role in the creation of ecological networks, it is a universal document with two important provisions. The first is that the law recognizes sovereignty within each state with respect to biodiversity, and the second is the declaration of state responsibility for the protection of biodiversity.

Each of the aforementioned international documents has been ratified by the legislature of the Republic of Azerbaijan. It is important to take into account such environmental-oriented legislations when establishing an ecological network, including its elements in national parks.

According to the Article 10–1 of the law of the Republic of Azerbaijan on Specially Protected Natural Territories and Objects<sup>3</sup>: “The sanitary protection zone of protected areas (equivalent to a buffer zone) shall be established within 3,000 m of the entire perimeter of the land and water boundaries of protected natural areas”.

According to this law, a number of admissible activities, as well as prohibitions, apply in these areas. Scientific-research activities, environmental monitoring and control of ecosystem changes, fire protection and maintenance of forest areas, use of land for economic purposes, as well as grasslands and pastures, restoration of biodiversity and natural ecosystems activities, recreational purposes, use of mineral water and other therapeutic resources, sport and amateur hunting of fish and other aquatic bioresources are types of activities with permitted. But otherwise, construction of new settlements, placement, and operation of enterprises that create environmental hazards, including chemical, nuclear energy, and metallurgical industries, geological exploration, extraction and processing of minerals, use of forests, using of agrochemicals and pesticides, introduction of species not compatible with local fauna and flora, and activities that violate the hydrological regime of the area and affect the soil fertility are prohibited.

Article 29 of the Law on Wildlife of the Republic of Azerbaijan<sup>4</sup> states that individuals and legal entities must ensure the protection of the habitat, breeding conditions and migration routes of animals when carrying out any activities that may have a detrimental effect on the state of wildlife. According to the law, there

---

<sup>2</sup> Convention on Biological Diversity, United Nations, June 5, 1992. Available from: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> (accessed: 22.02.2019).

<sup>3</sup> Law of the Republic of Azerbaijan on Specially Protected Natural Territories and Objects. 2000. Available from: <http://www.e-qanun.az/framework/617> (accessed: 22.02.2019).

<sup>4</sup> Law of the Republic of Azerbaijan on Wildlife. 1999. Available from: <http://www.e-qanun.az/framework/3850> (accessed: 22.02.2020).

should establish and implement measures designed to protect the habitat, reproductive conditions and migration routes of fauna species when designing and implementing human-designed activities (settlements, businesses, installations, pipelines, transport routes, etc.). Operation of such facilities and the application of technology without the protection of animals and their habitat are prohibited.

***Elements of the ecological network in the national park.*** The creation of an ecological network in the national park, along with the rationale for the legislation, must also be analyzed with the elements of the network. Such elements include core areas, ecological corridors, buffer zones, and recreational areas.

*Core areas* are landscapes, species and ecosystems that are protected and have particular value. Such areas are defined by landscape diversity, existing ecosystems and surface cover configuration. The development of these parameters also leads to an increase in species. The larger the area and the greater the environmental conditions, the lower the risk of species depletion. Wide range of core areas results in better conservation of biodiversity in the region, leading to higher migration activities of the species.

The area covered by the national park is designated as a core area (Figure 3). The total area of the core area is 5896 ha, most of which is covered by oak-hornbeam, beech-hornbeam, beech-oak forest ecosystems of low and middle uplands (Table 2). As a protected area, human activities in core areas are governed by relevant legislative acts. Since the territory has the status of a national park, in accordance with the regulation there is possible to create zones as follows to ensure the functioning of the national park: zones where special legal protection regime is applied, tourism and recreation zones, service zones for tourists and others, economic and production zones. The distribution of the territory of the national park by zones of protection with special regimes is defined by the Cabinet of Ministers of the Republic of Azerbaijan based on the presentation of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Azerbaijan.

*Ecological corridors*, as key elements of ecological networks, play an extremely important role in facilitating the migration of animals and plants in specially protected areas. In today's rapid population growth, ecological corridors are essential for the long-term survival and sustainable development of biodiversity [12].

Increasing human exposure to nature also leads to an increase in the number of depleted species. For one reason or another, the migration process is disrupted, which leads to the depletion of species of animals and plants that correspond to local conditions, and the inability to return to the process at a later stage. This tendency can be effectively prevented by protecting nature and restoring ecological corridors.

During the construction of the ecological corridors in the Shahdag National Park, riverbeds, intermountain depressions, mountain passes, trails, and forests, which should be planted in the proposed areas, were taken as a basis (Figure 3). Physiognomically, all three types of ecological corridors [13] were applied in the study area, taking into account the presence of lines, steppe-stones, and landscapes. Line corridors have been identified along the 200 m width and 72 km length of the river beds. The type of stepping-stone corridors facilitates the establishment of interconnection between the core areas through planting trees and greenery. For this purpose, this type of ecological corridors has been identified in four different directions. The landscape type of ecological corridors has been proposed for the or-

ganization of communication between core areas and linear corridors near the Sis and Kaleybugurt villages, covering relatively large areas.

The ecological corridor features play a role in the linking of species habitat and restoration of natural biological migration. Since the selection of species as a target during corridor identification is required, we have focused on mammalian species such as brown bears, roe deers, wild boars, badgers and rabbits living in the park. Because these animals prefer moving in the forest and vegetated green areas, their lifestyle is also considered in the study. The habitats of such animals are suitable sites for the development of ecological processes, with the role of migration “sources” [14].

*Buffer zones* are areas that are responsible for maintaining and protecting the core areas or are particularly important for maintaining balance in geosystems [15]. Functionally it divided into protective and geosystem buffer zones. Buffer zones serve to improve ecosystems, preserve and enhance the geosystem balance, and neutralize the environmental impacts between agricultural and protected areas in the ecological network.

The buffer zone of the study area was set at 3,000 m along the border of the core area with the admission of the relevant article of the Law of the Republic of Azerbaijan “On Specially Protected Natural Areas and Objects”. The total area is 19 400 hectares. The main ecosystems are mountain-forests, mountain meadow, forest-steppe, subalpine meadows and seliteb zones. This zone includes 14 villages and 1 settlement (Table 1). In the ecosystems located here, it is only possible to engage in economic and other activities in the manner prescribed by the legislation we have analyzed above.

Table 1

List of settlements in the buffer zone

No.	Settlements (villages)	No.	Settlements (villages)
1	Damirchi	9	Kechmaddin
2	Archiman	10	Galadarasi
3	Avakhil	11	Ahmedli
4	Yusif Mammadaliyev s.	12	Talishnuru
5	Chukhuryurd	13	Dadagunash
6	Nagharakhana	14	Chaghan First
7	Sis	15	Chaghan Second
8	Galeybughurd		

*Restoration areas* are created for the restoration of biological or geomorphological conditions of the territory. Typically, such zones are areas that are not profitable, despite the various efforts and methods used, or have greatly deteriorated as a result of anthropogenic impacts. Therefore, the restoration is inevitable to the recovery of such soils and saving the ecosystems. Such areas may become core areas or buffer zones at the next stage.

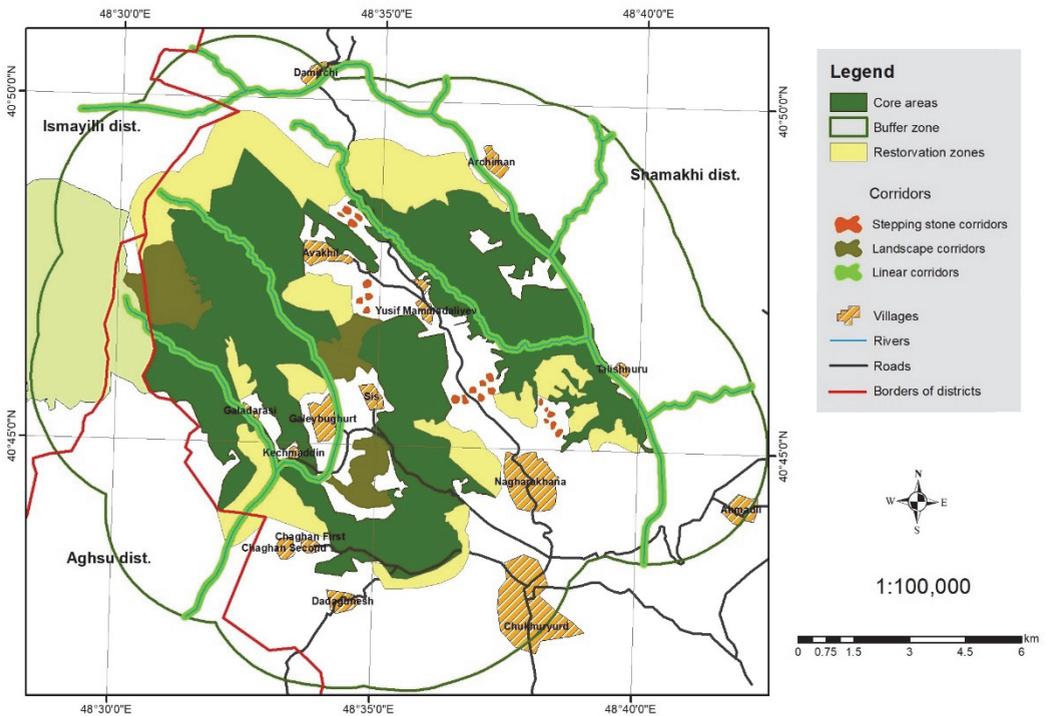
A number of problems or questions may arise during the design of the restoration areas. One of the problems may be against the interest of any stakeholder in the selection of such areas and in making decisions for the common good. Coordination of rehabilitation activities, effective use of resources for positive results, and decision-making based on the advice of scientific researchers and experts du-

ring implementation are basic terms. These conditions have been taken into account when determining the restoration areas around the national park in the study. Such areas have been identified along the northern and southern boundaries and within the interior structure of the national park, especially in areas where natural ecosystems are essential for restoration (Figure 3). Over time and the recovery process, showing positive results, the boundaries of the national park will also be expanded at the expense of such areas.

Table 2

**Ecological network elements and ecosystems in the study area**

Network elements	Area, ha	Ecosystems
Core area	5896	Oak-hornbeam, beech-hornbeam, beech-oak forests ecosystems of low and medium highlands
Ecological corridors:		
– linear	1437	Mountain forests, mountain meadows, river ecosystems
– stepping-stone	64	
– landscape	648	
Buffer zone	19 400	Mountain forests, mountain meadows, forest-steppe, subalpine meadows, seliteb zones
Restoration areas	2550	Mountain forests, mountain meadows, forest-steppe, mountain steppe



**Figure 3.** Ecological network model of the study area

### Proposals

Ecological networks as a model represent an ecosystem approach that promotes the conservation of biodiversity and the sustainable use of natural resources. The basis of this approach is that economic development is not possible

without the effective management of ecosystems for the benefit of society [16]. The involvement of various sectors of the economy and society in the management of ecosystems is an important factor for the implementation of the approach. Proposals for the study area to address such issues are as follows:

1. The management of ecosystems, including all elements of the ecological network, should be centralized and the impact of adjacent ecosystems should be taken into account.

2. Reduce economic activity, which negatively affects biodiversity in the development of ecosystem management programs, and promote the conservation and sustainable use of biodiversity.

3. To achieve the integrity of the ecological network, long-term goals should be set, and scientific approaches, knowledge of local communities and all forms of information should be taken into account.

4. Measures aimed at the protection and sustainable use of natural complexes require a broader and more comprehensive approach. Therefore, there is a need to develop additional activities and ecosystem services in residential areas. Fruit and its processing, expanding beekeeping, collecting medicinal herbs, selling local crafts, handicrafts, and stimulating activities for local businesspersons will lead to improved living standards and at the same time protecting biodiversity.

5. During the implementation and execution of this approach, scientific institutions such as geography, zoology and botany, the relevant executive government authorities, Ministry of Ecology and Natural Resources, as well as environmentally-oriented public associations, NGOs, and local businesspersons, stakeholders should be actively involved to the programs.

### **Conclusion**

The paper proposes an environmental network model in the study area, for the first time in Azerbaijan, which selected as a pilot site. Core area and buffer zones were determined following the legislation, and ecological corridor types and restoration areas have been identified taking into account natural conditions in this study. An electronic map was developed for the network model, and the area of each network element was calculated within the relevant ecosystem.

It became clear that the theoretical part of the research, connectivity of ecosystems and natural habitats play an important role in sustainability. Therefore, relevant legislative and strategic documents and programs should be developed to integrate environmental networks into public policy at the national level. Since this approach does not require large financial resources, it is advisable to apply it in the future to the whole country.

The ecological network model presented in the article will help to conserve biodiversity, reduce anthropogenic impacts, eliminate environmental barriers, and promote appropriate forms of land use. However, the more sophisticated optimum configuration of the environmental network to promote regional sustainable development can be determined by future research.

## References

- [1] Bennett G, Mulongoy KJ. Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. *Technical Series No. 23*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity; 2006.
- [2] Rodoman BB. Landscape polarization as a means of biosphere and recreational resources conservation. *Resources, Environment, Settlement*. Moscow: Nauka Publ.; 1974. p. 150–162. (In Russ.)  
*Родоман Б.Б.* Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов // Ресурсы, среда, расселение. М.: Наука, 1974. С. 150–162.
- [3] MacArthur RH, Wilson EO. *The theory of island biogeography*. Princeton, N.J.: Princeton University Press; 1967.
- [4] Bennett G, Wit P. *The development and application of ecological networks: a review of proposals, plans and programmes*. Amsterdam: AIDEnvironment; 2001.
- [5] Bennett G. *Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological networks*. Gland: IUCN; Cambridge; 2004.
- [6] Lee TM, Jetz W. Future battlegrounds for conservation under global change. *Proc. R. Soc. B*. 2008;275:261–1270. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1732>
- [7] Pressey RL, Cabeza M, Watts ME, Cowling RM, Wilson KA. Conservation planning in a changing world. *Trends Ecol. Evol.* 2007;22:583–592 <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.001>
- [8] Mammadov GSh, Khalilov MY. Forests of Azerbaijan. Baku; 2002. (In Azerb.)
- [9] Hajiyev GA, Rahimov VA. *Climate characteristics of administrative regions of the Azerbaijan SSR*. Baku; 1977. (In Azerb.)
- [10] Ibrahimov T. *National parks of Azerbaijan*. Baku; 2015. (In Azerb.)
- [11] *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*. 6th ed. Gland: Ramsar Convention Secretariat; 2013.
- [12] Chang SC, Tu CJ, Chen HY. Ecological corridor in the urban area: case study in Kaohsiung City, Taiwan. *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.* 2010;14: 76–88. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.1944-8376.0000018](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.1944-8376.0000018)
- [13] Climenco V, Trombitki I, Andreev A. *The ecological network: a way to the nature conservation in Moldova*. Chisinau: Societatea Ecologica BIOTICA; 2002.
- [14] Chen CD, Meurk DC, Ignatieva EM, Stewart HG, Wu SJ. Identifying and evaluating functional connectivity for building urban ecological networks. *Acta Ecologica Sinica*. 2015;35:6414–6424. (In Chin.) <https://doi.org/10.5846/stxb201402160263>
- [15] Martino D. Buffer zones around protected areas: a brief literature review. *Electron. Green J*. 2001;1:1–20.
- [16] Simenova V, Bos E, Jongman R, Zingstra H. *Implementation of ecological networks in different socio-economic contexts. Guiding principles based on experiences in Central and Eastern Europe*. Wageningen: Alterra; 2009.

### Bio note:

*Emil Akif oghlu Jabrayilov*, scientific researcher, Institute of Geography, Azerbaijan National Academy of Sciences. E-mail: [emil.jabrayilov@gmail.com](mailto:emil.jabrayilov@gmail.com)

### Сведения об авторе:

*Джабраилов Эмиль Акиф оглы*, научный сотрудник, Институт географии, Национальная академия наук Азербайджана. E-mail: [emil.jabrayilov@gmail.com](mailto:emil.jabrayilov@gmail.com)

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ INDUSTRIAL ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-103-111

УДК 622.85

Научная статья / Research article

### Разработка природоохранных мероприятий по уменьшению пылеобразных выбросов каменного угля при погрузочно-разгрузочных работах

А.В. Луканин , Е.С. Клеванова  

*Российский университет дружбы народов,  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6*

 [eklevanova@mail.ru](mailto:eklevanova@mail.ru)

**Аннотация.** В настоящее время Россия занимает одно из ведущих мест в мире по добыче каменного угля. При добыче, дроблении, сортировке и транспортировке угля частицы неизбежно переходят в аэрозольное состояние, образуя пыль, которая в дальнейшем выбрасывается в атмосферный воздух. Данная пыль пагубно влияет на здоровье работников горнодобывающей отрасли, а также на население селитебной зоны. В связи с этим возникает вопрос об эффективной очистке воздуха в рабочей зоне от угольной пыли и снижении ее концентрации. Цель исследования – разработать систему комплексной очистки газозвушных выбросов от пыли каменного угля в рабочей зоне, где происходит его транспортирование. Основная задача – создание дополнительной степени очистки воздуха от угольной пыли. С этой целью использовался вихревой абсорбер, представляющий собой аппарат цилиндрической формы, в котором расположен контактный элемент с просечными отверстиями. Определены геометрические размеры абсорбера и его основные параметры. Разработанный абсорбер показал очень хорошие результаты как аппарат для финишной очистки газозвушных выбросов. Эффективность улавливания мелких твердых частиц в представленной схеме достигает 99 %. Вместе с тем в результате внедрение данной установки осуществляется эффективная очистка воздуха от частиц пыли диаметром порядка 0,2 мкм, а также увеличивается производство угольных брикетов на 144 т в год.

**Ключевые слова:** газозвушные выбросы, пыль каменного угля, очистка воздуха рабочей зоны, газоочистное оборудование, вихревой абсорбер, брикетирование пыли

**История статьи:** поступила в редакцию 19.11.2020; принята к публикации 30.12.2020.

**Для цитирования:** Луканин А.В., Клеванова Е.С. Разработка природоохранных мероприятий по уменьшению пылеобразных выбросов каменного угля при погрузочно-разгрузочных работах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 103–111. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-103-111>

© Луканин А.В., Клеванова Е.С., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Development of environmental measures to reduce the dusty emissions of stone coal in loading and unloading works

Alexander V. Lukanin , Elena S. Klevanova  

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),  
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

 eklevanova@mail.ru

**Abstract.** Now Russia is one of the world's leading coal producers. Particles inevitably pass into an aerosol state, forming dust, which is subsequently emitted into the atmosphere during the extraction, crushing, sorting and transportation of coal. This dust negatively affects the health of workers in the mining industry, as well as the population of the residential area. In this regard, the question arises about the effective air cleaning in the working area from coal dust and reducing its concentration. The work purpose is to develop a comprehensive cleaning of gas-air emissions from coal dust in the working area where it is transported. The main task is to create an additional degree of air purification from coal dust. For this purpose, a vortex absorber was used, which is a cylindrical apparatus in which a contact element with perforated holes is located. The geometric dimensions of the absorber and its main parameters have been determined. The absorber developed by the authors has shown very good results as a device for the final purification of gas-air emissions. The efficiency of trapping small solid particles in the presented scheme reaches 99%. At the same time, as a result of the introduction of this installation, effective air purification from dust particles with a diameter of about 0.2 microns is carried out and the coal briquettes production is increased by 144 tons per year.

**Keywords:** gas-air emissions, coal dust, air purification of the working area, gas purification equipment, vortex absorber, dust briquetting

**Article history:** received 19.11.2020; revised 30.12.2020.

**For citation:** Lukanin AV, Klevanova ES. Development of environmental measures to reduce the dusty emissions of stone coal in loading and unloading works. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):103–111. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-103-111>

### Введение

В настоящее время транспортирование каменного угля осуществляется посредством железнодорожного и морского транспорта. В частности, экспорт в страны Азии, например Японию, производится преимущественно морскими судами. Один из крупных морских портов, через который экспортируется уголь в другие страны, – Ванино – расположен в Хабаровском крае. Объемы проходящего через него ежегодного экспорта каменного угля достигают 24 млн т, и эта тенденция растет с каждым годом. К концу 2020 г. планируется увеличить перевозку угля до 30 млн т в год [1].

Современный порт сегодня – это крупный и очень сложный технический комплекс, при этом угольный терминал включает в себя парк приема поездов с углем, где поезда отсортировываются по виду угля, и цех вагоноопрокидывателей, где уголь из вагона погружается на ленточный конвейер, затем отправляется на открытый склад и перевозится на морские суда.

## Результаты и обсуждение

Одним из самых опасных мест для работников морского порта является цех вагоноопрокидывателей, расположенный в закрытом помещении площадью около 5 тыс. м<sup>2</sup>. В нем установлены два вагоноопрокидывателя, которые в среднем за сутки переворачивают 810 вагонов. Для снижения концентрации пыли при переворачивании вагонов в порту установлены дисперсионные системы DUSTEX, которые работают с бинарными форсунками при низком давлении со средами: вода и сжатый воздух [1]. При выгрузке угля из полувагонов в приемные бункеры данная система срабатывает автоматически и генерирует при помощи двухкомпонентных распыляющих форсунок мелкодисперсный туман высокой плотности. Водопотребление дисперсионной системы составляет 120 м<sup>3</sup>/сут, эффективность очистки – 80 % [1]. В осевшую водоугольную суспензию добавляют пшеничную муку для придания необходимых качественных характеристик продукту и отправляют в аппарат брикетирования, где спрессовывают, и на выходе получается готовый продукт из прессованной угольной пыли, который по составу ничем не уступает обычному каменному углю.

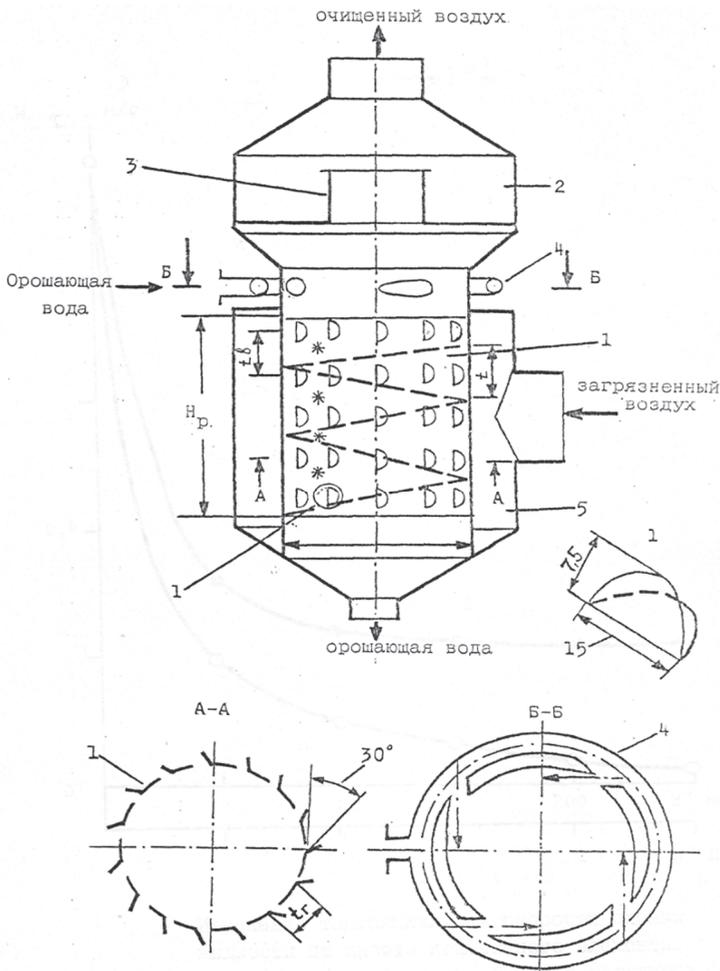
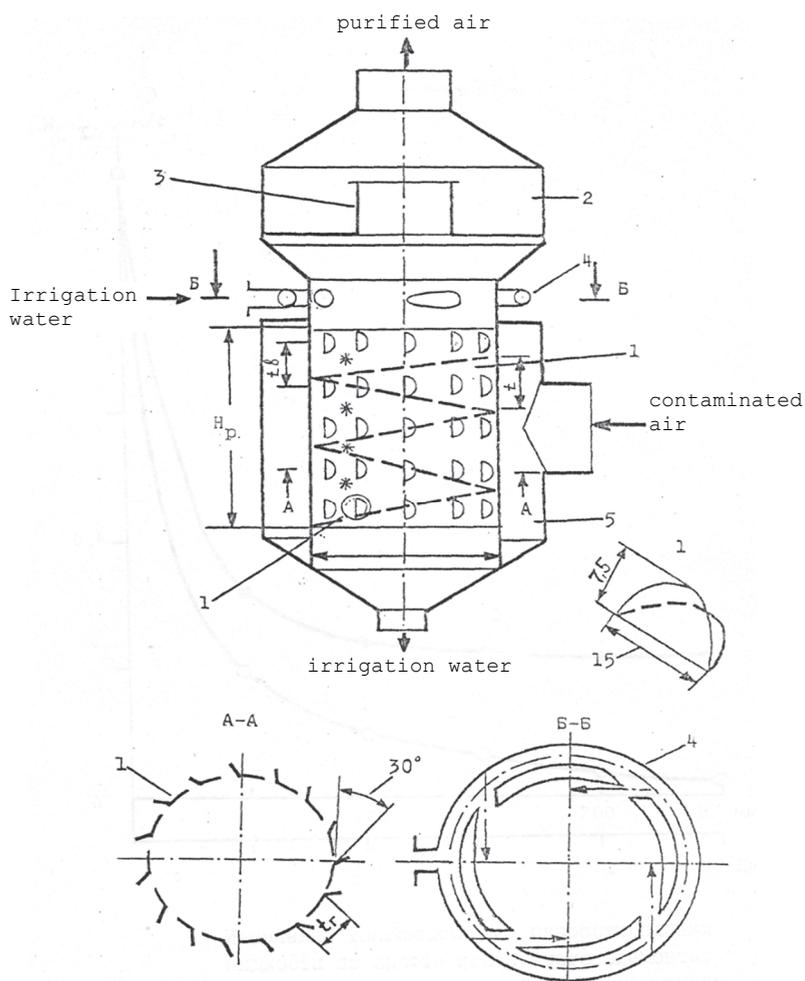


Рис. 1. Вихревой абсорбер [2]:

1 – контактный элемент; 2 – сепаратор; 3 – каплеотделитель; 4 – коллектор ввода орошающей жидкости; 5 – газовая рубашка



**Figure 1.** Vortex absorber [2]:

1 – contact element; 2 – separator; 3 – drop separator; 4 – scrubbing liquid inlet collector; 5 – gas jacket

Для более эффективной очистки воздуха от угольной пыли нами была разработана схема очистки, дополнительно включающая еще одну ступень – вихревой абсорбер. Разработанный нами абсорбер показал очень хорошие результаты как аппарат для финишной очистки газозвудушных выбросов<sup>1</sup> [2; 3].

Абсорбер (рис. 1) представляет собой аппарат цилиндрической формы, в котором расположен контактный элемент с просечными отверстиями. Лепестки просечек отогнуты во внешнюю сторону боковой поверхности на 30°. Принцип действия аппарата следующий. Орошающая вода поступает через коллектор 4, где обеспечивается равномерное распределение жидкости по периметру контактного элемента 1 и первоначальная ее закрутка. Тем временем загрязненный воздух поступает через газовую рубашку 5, затем проходит через просечные отверстия контактного элемента, приобретая тангенциальное направление, и далее барботирует через слой жидкости, допол-

<sup>1</sup> Отчет об устойчивом развитии СУЭК за 2016–2017 гг. URL: [http://www.suek.ru/upload/iblock/9c9/SUEK\\_SDR\\_16\\_17\\_WWW\\_.pdf](http://www.suek.ru/upload/iblock/9c9/SUEK_SDR_16_17_WWW_.pdf) (дата обращения 10.02.2020).

нительно ее подкручивая. Пройдя через центробежный каплеотделитель 3, очищенные газоздушные выбросы выходят в рабочее помещение<sup>2</sup> [2; 3]. Одно из главных преимуществ данного аппарата – при достаточно высокой эффективности он имеет низкое гидравлическое сопротивление (700–1150 Па), от которого в значительной мере зависит расход энергии. Для сравнения: при прочих равных условиях средненапорный скруббер Вентури имеет гидравлическое сопротивление 1500–4500 Па.

При расчете технических характеристик аппарата использовались следующие данные: объем здания вагоноопрокидывателя 45 тыс. м<sup>3</sup>, требуемое количество газа при 8-кратной циркуляции 360 тыс. м<sup>3</sup>/ч, температура орошающей воды 20 °С, допустимый провал жидкости должен быть не более 10 % от общего расхода жидкости, свободное сечение контактного элемента 3 %, скорость газа в просечках контактного элемента 4 м/с, плотность орошения 15 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·час [3].

### **Расчет вихревого абсорбера**

Определены геометрические размеры абсорбера и его основные параметры. Методика расчета параметров вихревого абсорбера представлена в кандидатской диссертации А.В. Луканина «Разработка массообменных аппаратов для систем производства микроводорослей, их гидравлические и массообменные характеристики» 1984 г. [2].

По результатам расчета определено, что диаметр абсорбера составляет 5 м, высота – 8 м, объем газа, проходящий через аппарат, 360 тыс. м<sup>3</sup>/ч, рабочая поверхность контактного элемента 126 м<sup>2</sup>, расход орошающей жидкости 188 м<sup>3</sup>/ч, полное гидравлическое сопротивление аппарата 740 Па.

Провал жидкости через контактный элемент вихревого абсорбера определяли по формуле [2]

$$l' = 1,6W^{-1,5}(0,1 + \operatorname{tg}\alpha)^{0,47}\left(\frac{\mu}{\mu_0}\right)^{-1,5}\left(0,1 + \frac{1}{\omega}\right),$$

где  $W$  – скорость газа в просечках контактного элемента, м/с;  $\mu$ ,  $\mu_0$  – динамическая вязкость жидкости, н·с/м<sup>2</sup>;  $\omega$  – наличие вставок (если нет вставок, то берется значение 0);  $\alpha$  – угол разворота просечек контактного элемента относительно его оси, град.

По результатам расчета провал жидкости составил 1,7 м<sup>3</sup>/ч, или 0,91 % от общего расхода жидкости.

Толщина пленки жидкости находится по уравнению [2]

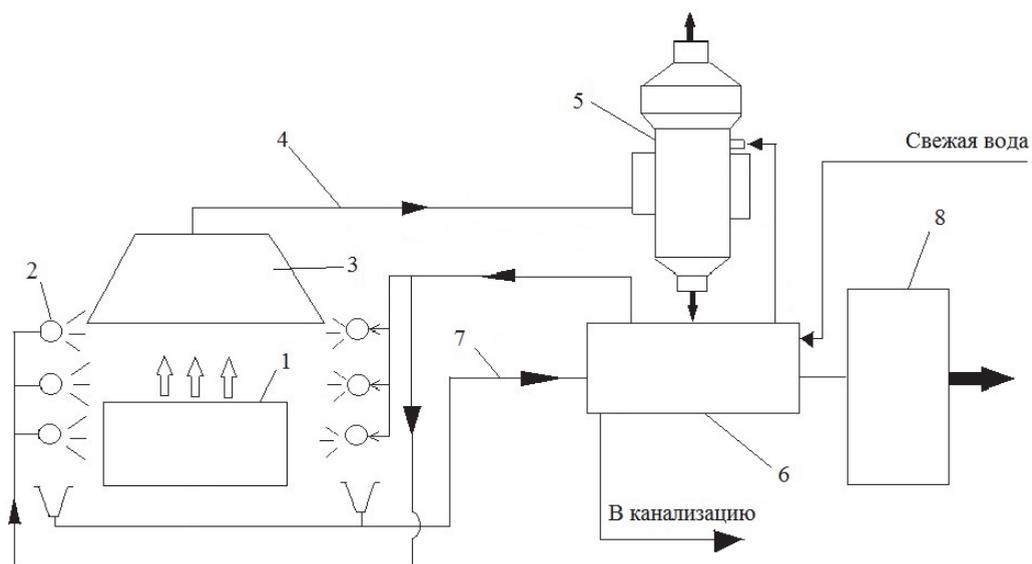
$$h = 3,56H^{-0,15}q^{0,35}\left(0,1 + \frac{1}{\omega}\right)^{0,18},$$

где  $H$  – высота аппарата;  $q$  – плотность орошения, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·час;  $\omega$  – наличие вставок (если нет вставок, то берется значение 0).

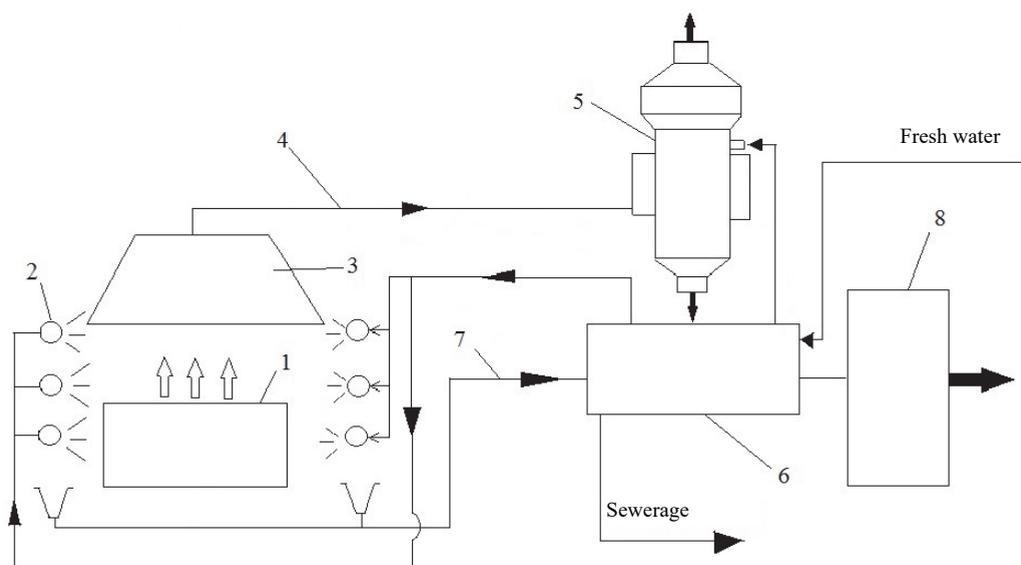
По расчетам толщина пленки жидкости составила 4 мм.

---

<sup>2</sup> Отчет об устойчивом развитии СУЭК за 2016–2017 гг. URL: [http://www.suek.ru/upload/iblock/9c9/SUEK\\_SDR\\_16\\_17\\_WWW\\_.pdf](http://www.suek.ru/upload/iblock/9c9/SUEK_SDR_16_17_WWW_.pdf) (дата обращения 10.02.2020).



**Рис. 2.** Схема комплексной очистки воздуха рабочей зоны:  
 1 – вагонопрокидыватель; 2 – форсунки; 3 – вытяжной зонт; 4 – пылепровод; 5 – вихревой абсорбер;  
 6 – шламонакопитель; 7 – трубопровод некондиционных суспензий; 8 – пресс



**Figure 2.** The working area complex air cleaning scheme:  
 1 – car dumper; 2 – nozzles; 3 – exhaust hood; 4 – dust pipe; 5 – vortex absorber;  
 6 – sludge collector; 7 – substandard suspensions pipeline; 8 – press

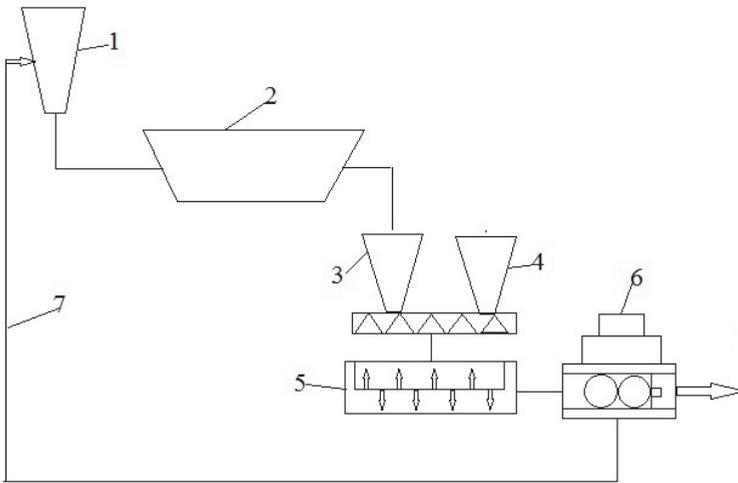
Внедрение данной установки позволило достичь следующих результатов:

- увеличения эффективности очистки воздуха от пыли на 19 % (общая степень очистки составит 99 %);
- эффективного очищения воздуха от частиц пыли диаметром порядка 0,2 мкм;
- роста производства угольных брикетов на 144 т в год;
- дополнительной очистки воздуха от пыли каменного угля по схеме на рис. 2.

На месте основного источника пылевыведения, где переворачиваются вагоны 1, устанавливается зонт из стального материала 3. При помощи воздушного насоса мелкие частицы пыли по трубопроводу 4 направляются в орошаемый вихревой абсорбер 5, в котором они улавливаются. Затем получившаяся водоугольная смесь попадает в шламонакопитель 6, где перемешивается с жидкостью, образовавшейся в результате основной очистки воздуха с форсунками 2. После отстаивания часть жидкости забирается на повторное орошение абсорбера и форсунки, а отстой с влажностью в 50–70 подается на высушивание. Так же в шламонакопитель подается свежая вода через трубопровод. После обезвоживания в смесь добавляют связующие вещества и брикетируют валковым прессом 8. Система включается при переворачивании вагонов или в случае, когда запыленность воздуха превышает среднесуточную ПДК<sub>сс</sub> (6 мг/м<sup>3</sup>) [4]. Данная установка располагается непосредственно над местом переворачивания вагонов.

### Схема брикетирования и расчет брикетов

После комплексной очистки воздуха образовавшаяся водоугольная смесь попадает в загрузочный бункер и далее суспензию подготавливают к брикетированию (рис. 3). Массовая концентрация твердой фазы в такой пульпе составляет 7,1 кг/м<sup>3</sup>.



**Рис. 3.** Схема брикетирования угольной пыли:

1 – загрузочный бункер; 2 – сушильная камера; 3 – бункер с сухой смесью; 4 – бункер со связующим веществом; 5 – смеситель; 6 – пресс; 7 – трубопровод для отсева смеси

**Figure 3.** The briquetting coal dust scheme:

1 – loading bunker; 2 – drying chamber; 3 – bunker with dry mixture; 4 – bunker with a binder; 5 – mixer; 6 – press; 7 – pipeline for mixture screening

Так как исходный материал не обладает необходимыми связующими свойствами, добавляют связующие вещества, которые вводят после обезвоживания суспензии (до 15 % влажности при температуре 100–150 °С с помощью газовых сушилок 2)<sup>3</sup>. Наиболее оптимальным связующим элементом

<sup>3</sup> Постановление главного санитарного врача РФ «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 „Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны“» от 13 февраля 2018 г. № 25.

для брикетирования угля является пшеничная мука, которая расположена в загрузочном бункере 4. При высоких температурах мука липнет к влажной угольной пыли. Далее смесь охлаждается и перемешивается в смесителе 5 и подается на пресс штемпельного типа 6, воздействующий на смесь под давлением 0,03–0,05 МПа. Отсев смеси по трубопроводу 7 отправляется обратно в бункер 1. На выходе получают угольные брикеты, которые в последующем идут на реализацию. Стандартные брикеты имеют форму подушечек, размером от 1,5 до 60 см<sup>3</sup> с теплотой сгорания 27 614,4 кДж/кг<sup>4</sup> [5–7].

Без дополнительного улавливания угольной пыли вихревым абсорбентом в день выпускается 14 т брикетов (стоимость 69 500 руб.). При комплексной очистке воздуха объем выпускаемых брикетов увеличится до 17 т в день (стоимость 86 000 руб.).

### Заключение

Представленная комплексная очистка газоздушных выбросов в цехе вагоноопрокидывателя обеспечивают эффективность улавливания до 99 %. При увеличении перевозки угля до 30 млн т в год данная система позволит дополнительно получить брикетов на сумму 900 тыс. руб. в год и при этом не превышать среднесуточную ПДК в рабочей зоне.

### Список литературы

- [1] Зинченко В.А., Разумов В.В. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – пропущенное звено в классификации профессиональных заболеваний легких (критический обзор) // Клинические аспекты профпатологии: сборник научных трудов. Томск, 2002. С. 15–18.
- [2] Луканин А.В. Разработка массообменных аппаратов для систем производства микроводорослей, их гидравлические и массообменные характеристики: дис. ... канд. техн. наук. М., 1984. 221 с.
- [3] Луканин А.В. Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018. 556 с.
- [4] Луканин А.В. Экологическое совершенствование крупнотоннажных производств кормового белка: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1994. 269 с.
- [5] Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. 4-е изд., перераб. и доп. Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2007. 800 с.
- [6] Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И. Справочник по пыле- и золоулавливанию / под общ. ред. А.А. Русанова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
- [7] Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия, 1981. 392 с.

### References

- [1] Zinchenko VA, Razumov VV. Occupational chronic obstructive pulmonary disease (COPD) – a missing link in the classification of occupational lung diseases (critical review). *Clinical Aspects of Occupational Pathology*. Tomsk; 2002. p. 15–18. (In Russ.)

---

<sup>4</sup> Технология прессования угольной пыли. Технология брикетирования угля, бурого угля и кокса. URL: <http://bioresurs.com/> (дата обращения: 15.02.2020).

- [2] Lukanin AV. *Development of mass transfer apparatus for microalgae production systems, their hydraulic and mass transfer characteristics* (dissertation of the Candidate of Technical Sciences). Moscow; 1984. (In Russ.)
- [3] Lukanin AV. *Engineering ecology: protection of the lithosphere from solid industrial and domestic waste*. Moscow: INFRA-M Publ.; 2018. (In Russ.)
- [4] Lukanin AV. *Ecological improvement of large-scale production of fodder protein* (dissertation of the Doctor of Technical Sciences). Moscow; 1994. (In Russ.)
- [5] Rodionov AI, Klushin VN, Sister VG. *Technological processes of ecological safety*. 4th ed., rev. and add. Kaluga: N.F. Bochkareva Publ.; 2007. (In Russ.)
- [6] Birger MI, Valdberg AYu, Myagkov BI. Dust and ash collection guide (AA Rusanova, ed.). 2nd ed., rev. and add. Moscow: Energoatomizdat Publ.; 1983. (In Russ.)
- [7] Uzhov VN, Valdberg AYu, Myagkov BI, Reshidov IK. *Cleaning of industrial gases from dust*. Moscow: Khimiya Publ.; 1981. (In Russ.)

**Сведения об авторах:**

Луканин Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. eLIBRARY SPIN-код: 8513-1081. E-mail: lukanin@bk.ru

Клеванова Елена Сергеевна, аспирант, кафедра экологического мониторинга и прогнозирования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. eLIBRARY SPIN-код: 4111-7987. E-mail: eklevanova@mail.ru

**Bio notes:**

Alexander V. Lukanin, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Environmental Monitoring and Forecasting, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). eLIBRARY SPIN-code: 8513-1081. E-mail: lukanin@bk.ru

Elena S. Klevanova, PhD student, Department of Environmental Monitoring and Forecasting, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). eLIBRARY SPIN-code: 4111-7987. E-mail: eklevanova@mail.ru



## ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ENVIRONMENTAL ECONOMICS

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-112-120

UDC 330.15

Review article / Обзорная статья

### **Methodology for the economic estimation of the environmental damages caused by land, soil and air pollution in Kenya: a review of previously used methods**

**Martin Mamboleo** 

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),  
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

✉ [mamboleomartin@gmail.com](mailto:mamboleomartin@gmail.com)

**Abstract.** Environmental compensation is a form of payment for pollution of nature and the environment and the destruction of land, plants or animals. One of the challenges in ensuring waste management in Kenya is how to measure the negative effect of industrial activities and waste on the environment, economy, and human health. Although the amount of compensation should be established on the basis of the environmental-economic assessment of the appropriate environment, it should also be sufficient to implement measures aimed at restoring, reproducing and improving this environment. Kenya has not yet developed a clear legal framework for compensation for environmental damage even through it has a clear and elaborate Environmental Management and Coordination Act for the protection of the environment. Previous studies on the cost of environmental damage in Kenya have successfully used two methodologies: emergency costs and soil, air, and water pollution. This work examines the essence of these methods, as well as the possibility of their application in assessing the cost of damage to the environment as a result of human economic activity.

**Keywords:** environmental damage, energy synthesis, environmental costs, pollution

**Article history:** received 15.10.2020; revised 01.11.2020.

**For citation:** Mamboleo M. Methodology for the economic estimation of the environmental damages caused by land, soil and air pollution in Kenya: a review of previously used methods. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(1):112–120. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-112-120>

---

© Mamboleo M., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Методология экономической оценки ущерба окружающей среде, причиненного загрязнением земли, почвы и воздуха в Кении: обзор ранее использованных методов

М. Мамболео 

*Российский университет дружбы народов,  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6*  
✉ [mamboleomartin@gmail.com](mailto:mamboleomartin@gmail.com)

**Аннотация.** Экологическая компенсация – это форма оплаты за загрязнение природы и окружающей среды, а также за уничтожение земли, растений или животных. Одна из проблем управления отходами в Кении заключается в отсутствии единого инструмента измерения негативного влияния промышленной деятельности и отходов на окружающую среду, экономику и здоровье человека. Хотя размер компенсации должен устанавливаться на основании эколого-экономической оценки окружающей среды, он также должен быть достаточным для реализации мер, направленных на восстановление, воспроизводство и улучшение этой среды. Кения еще не разработала четкую правовую основу для компенсации за экологический ущерб, несмотря на наличие подробного закона об управлении окружающей средой и координации для защиты окружающей среды. В предыдущих исследованиях стоимости ущерба окружающей среде в Кении успешно использовались две методологии: затраты на чрезвычайные ситуации и загрязнение почвы, воздуха и воды. В статье рассматривается сущность этих методов, а также возможности их применения при оценке стоимости ущерба окружающей среде в результате хозяйственной деятельности человека.

**Ключевые слова:** экологический ущерб, производство эксергии, экологические издержки, загрязнение

**История статьи:** поступила в редакцию 15.10.2020; принята к публикации 01.11.2020.

**Для цитирования:** *Mamboleo M. Methodology for the economic estimation of the environmental damages caused by land, soil and air pollution in Kenya: a review of previously used methods // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 1. С. 112–120. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-1-112-120>*

### Introduction

Sections 78 and 93 of Kenya's environmental legislation provide for air quality standards and prohibit the release of chemicals, hazardous substances and materials or oil into the environment and liability for spills, respectively<sup>1</sup>. These sections provide that a person convicted of a crime must pay the cost of cleaning

<sup>1</sup> Environmental Management and Coordination Act 1999.

up the pollution, as well as any costs that may be incurred by any government agency or the agencies in rehabilitating the environment destroyed or damaged by the released wastes.

The environmental impact is expressed in a number of costs. On the one hand, this is economic damage from a negative impact on the environment, on the other, the cost of preventing pollution or implementing environmental protection actions. From the point of view of rational management of production activities, it is essential, firstly, to determine the optimal ratio of these two types of costs, and, secondly, to rationally take them into account when assessing the efficiency of enterprises. For this, it is necessary to estimate as accurately as possible the quantitative damage caused by the industry to the environment. The economic assessment of enterprises' damage to the environment is carried out based on mathematical modelling methods, generalized indirect estimates, specific damage (calculation for a mono-pollutant), or direct calculation. The practice of calculating the prevented environmental damage is also used to assess the negative impact.

Environmental damage can negatively affect a large number of species, their habitats and ecosystem functions, as well as human consumption or non-consumption values. However, in practice, ecosystems are a rather complex concept, and therefore it can be significantly challenging to understand and calculate the degree of environmental damage. The problem with calculating damage arises in connection with environmental damage, and the benefits of resources or services obtained as a result of remediation activities carried out as a result of damage compensation require specific professional skills from the equivalence analysis team.

### **Methodology for calculating damage to land resources from environmental pollution**

Land valuation is carried out in different ways and is divided into zones depending on the type of use, purpose and distance from settlements or densely populated areas. When calculating the economic assessment of damage that can be caused to land by economic activities, direct damage can be determined by multiplying the area affected by economic activities by the base price of land in the relevant region. To calculate the indirect damage, it is necessary to determine the economic damage from a decrease in livestock productivity as a result of narrowing of pastures and a decrease in the number of crops and vegetables, hay and forage caused by shearing agricultural land area.

***Deficiency-related damage.*** Direct damage includes areas that will be damaged by direct industrial impact, as well as areas covered by roads, paved areas and other industrial facilities. The economic value of land affected by direct scarcity is measured by the value of the lost economic opportunity that should have been obtained if the land in question was used for another purpose (or for its previous purpose).

***Pollution-related damage.*** In general, land pollution can be divided into 5 levels. The concept of an acceptable pollution level means that the soil's chemical content does not exceed the safe exposure level. The five levels of land contamination are: 1) unpolluted; 2) slightly polluted; 3) notably polluted; 4) seriously polluted; 5) dangerously polluted.

***Estimating the cost of soil erosion.*** The value of the soil can be quantified using various methods. The highest estimated cost is based on the market value of replacing free services provided by degraded soils (for example organic additives, fertilizers); some equate the costs of downstream rehabilitation, such as dredging a reservoir, with external costs [1]. Others draw inferences about costs based on the value that consumers place on non-degraded land. Finally, the quantification of environmental services is usually realized through studies to estimate the peoples' willingness to pay for the soil's services [2]. The objective, for each of them, is to estimate the value that can allow comparison with market prices. Previous studies of the cost of environmental damage in Kenya have successfully used two methodologies: emergency costs and soil pollution [3].

### **Methodology for calculating damage to a land plot using the emergy synthesis process**

Emergy is the energy indirectly or directly used to generate a product or service [4]. Since each input to the process is itself a product of energy conversion, the occurrence is usually referred to as energy memory. The units refer to a reference energy source (typically solar energy). The emergent unit is the solar emjoule (sage). This unit indicates that emergence arises from energy flows but is qualitatively different. In particular, emergy considers energy losses (losses of the 2nd law) during the successful conversion of standard (solar) energy into other forms of energy. The available energy after each transformation has properties that qualitatively distinguish it from heat.

In the past, the emergency welding method has been used to estimate soil loss in Kenya (the author refers to the open patch panel by [3]). Their study noted that sharply accelerated soil loss is prevalent throughout Kenya, especially in the western counties where high rural population concentrations, harsh climatic impacts, and delicate soils converge. At the national level, 25 to 180 million tons of soil is lost annually due to erosion [5]. This flow has been quantified to include other aspects of the economic/ecological system for direct comparability, assuming that mitigation investments will be required to understand the problem's magnitude better.

In Kenya, the emergy synthesis has been applied to economic/ecological systems at three scales, that is, starting with the vast scale and gradually localized systems. During the emergy synthesis study, [3] developed The National Assessment to quantify land degradation's significance to the national economy. They also created conditions for smaller assessments for three counties in Kenya's western region.

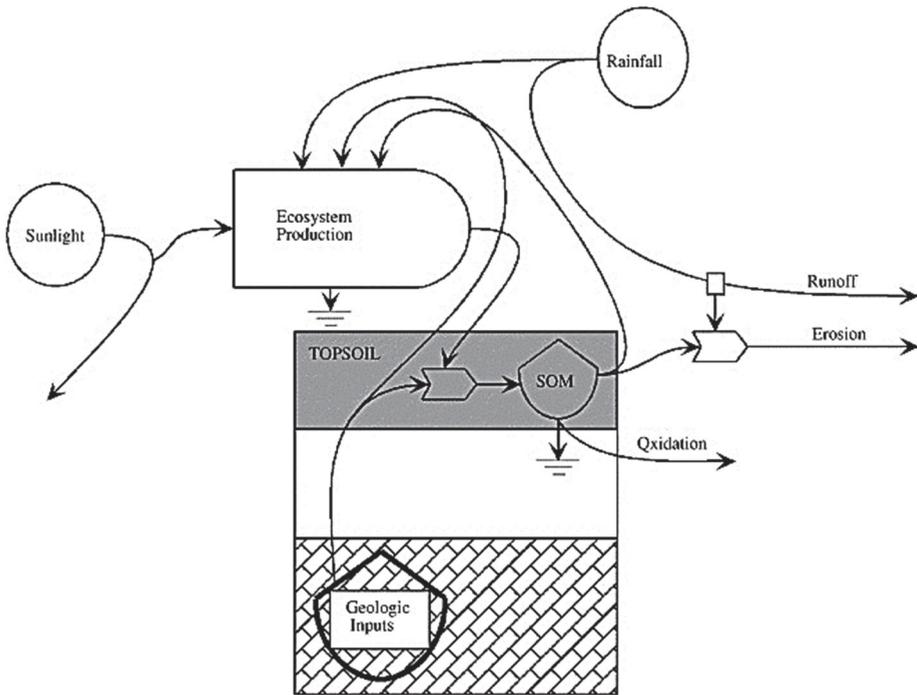
An unanticipated synthesis of regions, countries, and land uses (all on an annual basis) has been standardized to convey summarized information about the energy base for economic and environmental conditions [6; 7] this standard with five analytical steps [6] for details) was followed by [3] in their study:

- 1) compilation of transboundary flows, an internal transformation of economic and environment and resource depletion through erosion, deforestation, and mining;
- 2) data collection – identifying sources of data on transboundary flows and rates of depletion of domestic natural capital;
- 3) stream aggregation/index development. Composite indices have been developed [7] to capture various aspects of the interaction between environment and economy;

4) system diagram design – use of energy systems language to describe the resource base;

5) tabular valuation – a standard accounting system is applied. Each resource flow is valued in physical units modified by appropriate conversion to adjust the energy quality.

**Soil loss indices.** The authors of [3] developed two new indicators precisely to quantify the loss of soil natural capital reserves in the context of Kenya’s regional energy base. Generally, soil loss is considered a depletion of non-renewable energy reserves. However, grouping these streams with mined minerals and local fossil fuels ignores the direct ecosystem services these reserves contribute. Moreover, while the immediate economic benefits of fuel extraction or mining are clear, the benefits of degraded topsoil are not obvious. In [3] authors assumed that some of these flows can be prevented through more effective land administration policies.



Simplified schematic of topsoil genesis [3]

The first new index balances costs and benefits for agriculture. Soil intensity in agriculture (SIA) compares the yield of crops (livestock and cereals) to the product of eroded soil:

$$SIA = \frac{Y_{ag}}{N_{0a}},$$

where  $N_{0a}$  – erosion;  $Y_{ag}$  – the output of income from agriculture.

The second new index links the developing foundations of the regional system to soil loss. The fraction of soil erosion use (FUSE) is expressed as a percentage of total use ( $U$ ) due to erosion ( $N_{0a}$ ):

$$FUSE = \frac{N_{0a}}{U}.$$

Since erosion is an integral part of agricultural yields, the index's minimum is one. Large FUSE values designate high external costs to the economy whereas the values that are close to one imply a very harmful consequence on agriculture. The authors of [3] found out that both SIA and FUSE are independent of other typical regional analysis indices and can be calculated for all countries for which emergy assessments have been made for comparison purposes. Voluntary health insurance should differ significantly within and between regions and farming systems; identifying agricultural and/or livestock activities is not relevant at the local level. Also, to note is that SIA is the inverse of FUSE; this is not the situation on a larger scale, where ( $U$ ) is not only used in agriculture.

### **Methodology for calculating damage from soil pollution**

The correct and practical determination of soil pollution's degree and scale is a rather tricky task requiring a lot of effort, money, and a relatively long time. The damage from soil pollution is the basis for calculating the cost of cleaning or cleaning contaminated soils. Thus, there is a methodology for calculating the damage caused by soil contamination, which is applicable when it was impossible to calculate costs in Kenya directly.

The high content of polluting elements in the soil is not always associated with human activities and can sometimes represent a natural or litho-geochemical anomaly. So, the study of soil pollution should be done by a highly qualified and experienced soil scientist. The quality of work on assessing soil pollution will directly depend on the correctness of sampling, the reliability and accuracy of laboratory test results, the correctness of determining the contaminated site, and the conditions for processing the results.

### **Methodology for calculating the baseline assessment of soil pollution**

When calculating soil pollution's ecological and economic assessment, the economic and environmental evaluation of the corresponding territory's soil is multiplied by the coefficient of soil pollution for each of the pollutants.

$$Esp = Es(Ksp(1)Kspr(1) \dots Ksp(i)Kspr(i)),$$

where  $Esp$  – the basic environmental-economic assessment of soil pollution, Kenyan shilling (KES)/ha;  $Es$  – the basic ecological and economic assessment of the soil, KES/ha;  $Ksp(i)$  – the coefficient of soil pollution by each of the pollutants;  $Kspr(i)$  – pollution factor for each of the pollutants.

Soil pollution factor is calculated in two ways:

1) *calculation based on the degree of soil pollution*: soil pollution factor,  $Ksp(i)$  is equivalent to exceeding permissible level (2), exceeding threshold value (5) and exceeding dangerous value (10);

2) *calculation by precaution value*:

$$Ksp(i) = 1 + \frac{c(i)}{cs(i)},$$

where  $K_{sp}(i)$  – coefficient of soil pollution by a pollutant or element;  $C(i)$  – the content of the pollutant or element;  $C_s(i)$  – is the warning value of a pollutant or element.

**Pollution factor.** Since the adverse effects of different pollutants and elements are very different, there is a requirement to use a pollution rate correction factor, which depends on the contaminants and elements' specific properties.

**Pollution factor,  $K_{spr}(i)$**

Parameter	Coefficient, $K_{spr}(i)$
Arsenic (As)	3
Benz-(a)-pyren	3
Boron (B)	1
Cadmium (Cd)	2
Chrome	2
Circular-structured scented hydrocarbons (CSSH)	3
Cobalt (Co)	1
Copper (Cu)	1
Cyanide (CN)	3
Dioxin/Furan (PCDD/F)	4
Fluorine (F)	1
Lead (Pb)	2
Mercury (Hg)	3
Molybdenum (Mo)	1
Nickel (Ni)	1
Petroleum products	3
Phenol	2
Polychloridebiphenols (PCBs)	2
Selenium (Se)	1
Six-valence chrome (Cr6+)	2
Strontium (Sr)	1
Vanadium (V)	1
Zinc (Zn)	1

***Calculation of the total damage to the environment from soil pollution.***

After determining the area of contaminated soil, and the depth of contamination, the total volume of contaminated soil could be determined. Besides, the volume of contaminated soil can also be expressed in terms of weight. The total environmental damage from soil pollution is calculated as follows:

$$X_{\text{Total}} = E_{sp} V_p K_t K_h 10^{-4},$$

where  $X_{\text{Total}}$  – total damage from soil pollution by chemical substances, KES;  $E_{sp}$  – the basic ecological and economic assessment of soil pollution, KES/ha;  $V_p$  – contaminated area covered with soil, m<sup>2</sup>;  $K_t$  – calculation factor depending on the period of restoration of contaminated soil;  $K_h$  – calculated coefficient depending on the depth of soil contamination;  $10^{-4}$  – factor for converting hectare to m<sup>2</sup>;

$$K_t = 2.8228 \ln(t) - 0.2318; K_h = 0.0052h + 0.9634,$$

where  $t$  – the period of recovery of contaminated soil by years;  $h$  – depth of soil contamination, hence

$$X_{\text{Total}} = E_{sp} V_p (2.8328 \ln(t) - 0.2318) (0.0052h + 0.9634 \times 10^{-4}).$$

### Methodology for calculating damage from water pollution

The damage caused by pollution of surface waters depends on the composition, content and virulence of pollutants, both directly and indirectly entering surface waters. Loss of environmental property is here defined as the damages and denotes a decrease in the value of the environment, including groundwater, surface water and sediment. Emissions of pollutants from the accident deteriorate water quality and reduce the value of surface waters.

$$L_{EP} = C_{SW} + C_{SO} + C_{GW},$$

where  $L_{EP}$  – loss of environmental property (KES);  $C_{SW}$  – cost of removing pollutants from surface water (KES);  $C_{GW}$  – cost of removing pollutants from groundwater (KES);  $C_{SO}$  – sludge removal cost (KES).

Since the volume of contaminated groundwater is usually not available, the volumetric coefficient of contaminated surface water was used to estimate this parameter, which can be easily calculated by summing the diffusion spread of pollutants. According to [8] a 1: 1 ratio is considered moderate. Removal of environmental pollutants can also be done by contacting appropriate environmental remediation consulting companies.

### Methodology for calculating damage from air pollution

The damage caused to the environment by toxic substances released into the ambient air is calculated using the formula below. The amount of waste is also taken into account here:

$$X_{\text{Total}} = T_e \sigma f M K_1 K_2,$$

where  $X_{\text{Total}}$  – damage to the environment from emissions of toxic substances into the atmosphere (thousand KES/year);  $T_e$  – damage from 1 (one) standard ton of pollutant emissions into the atmosphere, KES/standard ton (measured by the amount of compensation to be paid for air pollution);  $\sigma$  – index of the relative hazard of air pollution in the pollution zone (depends on local characteristics);  $F$  – is a correction factor reflecting the air solubility of a mixture of substances emitted into the ambient air;  $M$  – is the recalculated annual amount of toxic waste emitted to the atmosphere from the waste source, standard tons/year;  $K_1$ ,  $K_2$  – coefficients reflecting the source of waste and the height of waste discharge respectively.

### Conclusion

The system for assessing the impact of production activities on the environment should be aimed at solving the problem of the transition of mining enterprises to modern technologies for the extraction and processing of mineral raw

materials that ensure a minimum negative impact on the environment. These tasks cannot be solved without a quantitative monetary assessment of enterprises' damage to the environment. The performance indicators of companies should be adjusted, taking into account environmental factors. When making investment decisions, it is necessary to assess the negative impact on the environment and calculate the prevented damage when implementing ecological investments.

Thus, when the factor of negative impact on the environment is included in the assessment of enterprises' actions, it is necessary to consider the decrease in payments for the negative impact, which is carried out by the method of generalized indirect assessments. The method of specific damage allows to assess the prevented damage, and the method of direct calculation – to include factors of negative impact in the analysis of business profitability.

### References

- [1] Starett D. Shadow pricing in economics. *Ecosystems*. 2000;3:16–20.
- [2] Alfsen KH, De Franco MA, Glomsrød S, Johnsen T. The cost of soil erosion in Nicaragua. *Ecological Economics*. 1996;16(2):129–145.
- [3] Cohen MJ, Brown MT, Shepherd KD. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006;114(2–4):249–269.
- [4] Odum HT, Brandt-Williams SL, Nilsson PO. Folio 1. Introduction and global budget. *Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios*. Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida; 2000.
- [5] Barber RG. The magnitude and sources of soil erosion in some humid and semi-arid parts of Kenya and the significance of soil loss tolerance values in soil conservation in Kenya. *Soil and Water Conservation in Kenya: Proceedings of the Second National Workshop*. Nairobi: Institute for Development Studies; 1983.
- [6] Doherty SJ, Odum HT, Nilsson PO. *Emergy evaluation of forest production and industries in Sweden*. Uppsala: Institutionen for Bioenergi; 2002.
- [7] Ulgiati S, Bastianoni S, Odum HT. Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling*. 1994;73(3–4):215–268.
- [8] Lanoie P, Tavenas S. Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics. *Safety Science*. 1996;24(3):181–196.

#### Bio note:

*Martin Mamboleo*, PhD student, Department of Applied Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: mamboleomartin@gmail.com

#### Сведения об авторе:

*Мамболео Мартин*, аспирант, кафедра прикладной экологии, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: mamboleomartin@gmail.com