



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

2021 Том 29 № 2

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2

<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

Савенкова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор, директор Института экологии и Международного института стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Заместители главного редактора

Харченко Сергей Григорьевич, доктор физико-математических наук, действительный член Российской академии естественных наук, Академии военных наук, Российской экологической академии, Нью-Йоркской академии наук, Международного общества по анализу риска, главный научный сотрудник Института экологии, профессор кафедры математических методов в экономике, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Редина Маргарита Михайловна, доктор экономических наук, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Ответственный секретарь редколлегии

Ледаццева Татьяна Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Члены редакционной коллегии

Аньези Валерио, профессор, директор Итало-Российского экологического института, Университет Палермо, Палермо, Италия

Валеева Наиля Гарифовна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой иностранных языков, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Ванг Дели, профессор, декан школы наук об окружающей среде, Северо-Восточный педагогический университет, Чанчунь, Китай

Джан Шупинь, доктор наук, профессор, Шандунский университет, Цзинань, Китай

Калабин Геннадий Александрович, доктор химических наук, профессор, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна, Самарский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, Тольятти, Россия

Савин Игорь Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заместитель директора Почвенного института имени В.В. Докучаева, Российская академия наук, профессор департамента рационального природопользования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Садьков Владислав Александрович, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией катализаторов глубокого окисления, Институт катализа имени Г.К. Борескова, Сибирское отделение Российской академии наук, отдел гетерогенного катализа, Новосибирск, Россия

Сосунова Ирина Александровна, доктор социологических наук, профессор, вице-президент Российского общества социологов, Москва, Россия

Хаустов Александр Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Широкова Вера Александровна, доктор географических наук, профессор, заведующая отделом истории наук о Земле, Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова, Российская академия наук, Москва, Россия

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

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

Подписано в печать 10.01.2022. Выход в свет 17.01.2022. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 8,40. Тираж 500 экз. Заказ № 195. 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



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

2021 VOLUME 29 NUMBER 2

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2

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

Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

Editor-in-Chief

Elena V. Savenkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Environmental Engineering and International Institute for Strategic Development of Sectoral Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Deputy Editors-in-Chief

Sergey G. Kharchenko, D.Sc. (Ecology, Biophysics), full member of the Russian Academy of Natural Sciences, the Academy of Military Sciences, the Russian Environmental Academy, the New York Academy of Sciences, the International Society for Risk Analysis, chief scientist of the Institute of Environmental Engineering, Professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Margarita M. Redina, D.Sc. (Econ.), Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Executive Secretary

Tatyana N. Ledashcheva, Ph.D., Associate Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Editorial Board

Valerio Agnesi, Ph.D., Professor, Director of the Italian-Russian Ecological University, University of Palermo, Palermo, Italy

Gennadiy A. Kalabin, D.Sc. (Chemistry), Professor, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Aleksandr P. Khaustov, D.Sc. (Geology), Professor, Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Gennadiy S. Rozenberg, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Scientist of the Institute of Ecology of Volga River Basin, Samara Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Tolyatti, Russia

Vladislav A. Sadykov, Prof., D.Sc. (Chemistry), Head of the Laboratory of Deep Oxidation Catalysts, Borekov Institute of Catalysis, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Igor Yu. Savin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of System Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Vera A. Shirokova, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of the History of Earth Sciences, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Irina A. Sosunova, Doctor of Social Sciences, Professor, Vice-President of the Russian Society of Sociologists, Moscow, Russia

Nailya G. Valeeva, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Foreign Languages, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Deli Wang, Ph.D., Professor, Dean of the School of Life Science, Northeast Normal University, Changchun, China

Shuping Zhang, Ph.D., Professor, Shandong University, Jinan, China

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

- Tagirova O.V., Kulagin A.Yu.** Variability of leaves of *Betula pendula* Roth during the growing season in the recreation area in the industrial center (Изменчивость листьев *Betula pendula* Roth в течение вегетационного периода в рекреационной зоне промышленного центра) 127
- Лапушкина А.А., Аленичева А.Д., Верниченко И.В., Щуклина О.А., Ворончихина И.Н.** Агроэкологическая оценка изменения содержания кадмия в растениях ярового ячменя под влиянием селена и кремния 138
- Ильина В.Н.** Состояние ценопопуляций *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub на юго-востоке природного ареала 147
- Мишустин С.С., Полынова Г.В.** Половой диморфизм размеров тела разноцветной ящурки в юго-восточной части Нижнего Поволжья 155

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Смирнова М.В., Батанина А.И.** Исследование роли природных и антропогенных факторов в формировании качества воды малых рек на примере р. Велетьмы Нижегородской области 162

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Николаева Л.А., Айкенова Н.Е., Демин А.В.** Очистка сточных вод промышленных предприятий от фенолов модифицированным отходом энергетики 174
- Коновалова Н.А., Бесполитов Д.В., Панков П.П., Руш Е.А., Авсеенко Н.Д.** Утилизация вскрышных пород в составах экологически безопасных композиционных материалов для дорожного строительства 182

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Guslyakova A.V., Guslyakova N.I., Valeeva N.G., Beisembayev A.R., Zhuravleva Ye.A.** Linguistic and extralinguistic implementation of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia (Лингвистическая и экстралингвистическая имплементация экологического активизма в англоязычном медиадискурсе России, Китая и Юго-Восточной Азии) 192
- Ledashcheva T.N., Pinaev V.E.** Environmental disciplines taught to foreign students participating short term exchange programs in RUDN University: experience and approach (Обучение экологическим дисциплинам иностранных студентов, приехавших по краткосрочным обменным программам: опыт и подходы РУДН) 204

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

- Zharov A.N., Isaev K.V.** Green economy as the main way of development of society (Зеленая экономика как основной путь развития общества) 209

CONTENTS

ECOLOGY

- Tagirova O.V., Kulagin A.Yu.** Variability of leaves of *Betula pendula* Roth during the growing season in the recreation area in the industrial center 127
- Lapushkina A.A., Alenicheva A.D., Vernichenko I.V., Schuklina O.A., Voronchikhina I.N.** Agroecological assessment of changes in cadmium content in spring barley plants under the influence of selenium and silicon 138
- Ilyina V.N.** State of *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub cenopopulations in the south-east of the natural area 147
- Mishustin S.S., Polynova G.V.** Sexual dimorphism of the body size of a multi-colored lizard in the south-eastern Lower Volga 155

GEOECOLOGY

- Smirnova M.V., Batanina A.I.** Study of the role of natural and anthropogenic factors in the formation of water quality in small rivers on the example of the Veletma river in the Nizhny Novgorod region 162

INDUSTRIAL ECOLOGY

- Nikolaeva L.A., Aikenova N.E., Demin A.V.** Purification of wastewater of industrial enterprises from phenols by modified energy waste 174
- Konovalova N.A., Bespolitov D.V., Pankov P.P., Rush E.A., Avseenko N.D.** Utilization of overburden in formulations of environmentally friendly compositional materials for road construction 182

ENVIRONMENTAL EDUCATION

- Guslyakova A.V., Guslyakova N.I., Valeeva N.G., Beisembayev A.R., Zhuravleva Ye.A.** Linguistic and extralinguistic implementation of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia 192
- Ledashcheva T.N., Pinaev V.E.** Environmental disciplines taught to foreign students participating short term exchange programs in RUDN University: experience and approach 204

ENVIRONMENTAL ECONOMICS

- Zharov A.N., Isaev K.V.** Green economy as the main way of development of society 209

ЭКОЛОГИЯ ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-127-137

UDC 57.033

Research article / Научная статья

Variability of leaves of *Betula pendula* Roth during the growing season in the recreation area in the industrial center

Olesya V. Tagirova¹, Alexsei Yu. Kulagin²¹*Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla,
3A Oktyabr'skoi Revolyutsii St, Ufa, 450008, Russian Federation*²*Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
69 Prospekt Oktyabrya, Ufa, 450054, Russian Federation* olecyi@mail.ru

Abstract. Research was carried out at the Ufa Industrial Center on the territory of recreational zone. Morphological changes in birch leaves (*Betula pendula* Roth) during the growing season of 2019 are shown. Model birch trees grow on a permanent trial plot. On the trees, 10 leaves were numbered. During the growing season (June – September) photographs of each leaf were taken. The integral indicator of the stability of leaf development is calculated on five grounds. Statistical processing of the data obtained. It has been established that there are deviations in the morphological development of birch leaves. It is shown that an individual trajectory of morphological development is characteristic of leaves. The phenomenon of adaptive polymorphism of birch leaves is noted. Moreover, the morphological and functional features of the leaf are inextricably linked.

Keywords: birch, integral indicator, leaf polymorphism, industrial center

Acknowledgements and Funding. The studies were carried out as part of the program of the Scientific and Educational Center “Dendroecology and Environmental Management” and using the equipment of the Center for Collective Use “Agidel” of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. The studies were carried out on the topic No. AAAA-A18-118022190103-01.

Article history: received 25.01.2021; revised 31.01.2021.

For citation: Tagirova OV, Kulagin AYu. Variability of leaves of *Betula pendula* Roth during the growing season in the recreation area in the industrial center. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):127–137. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-127-137>

Изменчивость листьев *Betula pendula* Roth в течение вегетационного периода в рекреационной зоне промышленного центра

О.В. Тагирова¹  , А.Ю. Кулагин² 

¹Башкирский государственный педагогический университет имени М. Акмуллы,
Российская Федерация, 450008, Уфа, ул. Октябрьской Революции, д. 3А

²Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Российская Федерация, 450054, Уфа, пр-кт Октября, д. 69

 olecyi@mail.ru

Аннотация. Исследования проводились в Уфимском индустриальном центре на территории рекреационной зоны. Показаны морфологические изменения листьев березы (*Betula pendula* Roth) в вегетационный период 2019 г. Модельные березы растут на постоянном опытном участке. На деревьях были пронумерованы 10 листьев. Во время вегетационного периода (июнь – сентябрь) сделаны фотографии каждого листа. Интегральный показатель устойчивости развития листьев рассчитывается по пяти признакам. Выполнена статистическая обработка полученных данных. Установлено, что имеются отклонения в морфологическом развитии листьев березы. Показано, что для листьев характерна индивидуальная траектория морфологического развития. Отмечается феномен адаптивного полиморфизма листьев березы. При этом морфологические и функциональные особенности листа неразрывно связаны.

Ключевые слова: береза, интегральный показатель, полиморфизм листьев, промышленный центр

Благодарности и финансирование. Исследования выполнены по программе научно-образовательного центра «Дендроэкология и природопользование» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Агидель» Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Исследования выполнены теме № АААА-А18-118022190103-01.

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

Для цитирования: Tagirova O.V., Kulagin A.Yu. Variability of leaves of *Betula pendula* Roth during the growing season in the recreation area in the industrial center // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 127–0137. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-127-137>

Introduction

The features of leaf growth [1] during the growing season are not well understood. Peculiarities of morphological changes in leaves during the growing season should be taken into account when organizing monitoring studies [2].

In assessing the resistance of plants, depending on the conditions of their growth, the method of assessing the development stability and asymmetry is used [3–10].

The aim of the work was to study the morphological changes in *Betula pendula* Roth leaves under environmental pollution.

The subject of the research is *Betula pendula* plantations.

Materials and methods

The studies were conducted in the recreation area on the territory of the Ufa Industrial Center. A general description of the stands has been presented previously [2].

Objects of study – model trees *Betula pendula* Roth. One tree is large-leaved, the other is small-leaved. In the crown of each tree, 10 leaves are numbered. Each leaf was photographed during the growing season (June – September). In August, reconstruction activities were carried out in the park. Small-leaved tree was cut down. Therefore, data on small-leaved tree are presented for June, July and August. Used a Nikon D40 digital camera. Photographs of the leaves were computer processed using standard programs.

A method was used to study the morphological characters of leaves [11; 12]. The stability of the development of leaves of tree stands is estimated. The studies were carried out in 2019, which was characterized by average values of weather and climatic conditions.

The actual material for assessing the stability of development of birch leaves is the morphological characteristics of the right and left halves of the leaf according to 5 signs [13]:

- 1) the width of the left and right halves of the sheet;
- 2) the length of the vein of the second order from the base of the leaf;
- 3) the distance between the bases of the first and second veins of the second order;
- 4) the distance between the ends of these veins;
- 5) the angle between the main vein and the second vein of the second order from the base of the sheet.

Statistical processing of the research results was carried out in the programs: STATISTICA, GraphPad Prism, Microsoft Excel.

Results

Shown are changes in birch leaves during the growing season [14]. The integral indicator of the stability of leaf development (small-leaved tree and large-leaved tree) was calculated according to five criteria [15] (Figures 1–5). The obtained data were statistically processed, 1-way ANOVA, ANOVA (Tables 1–15).

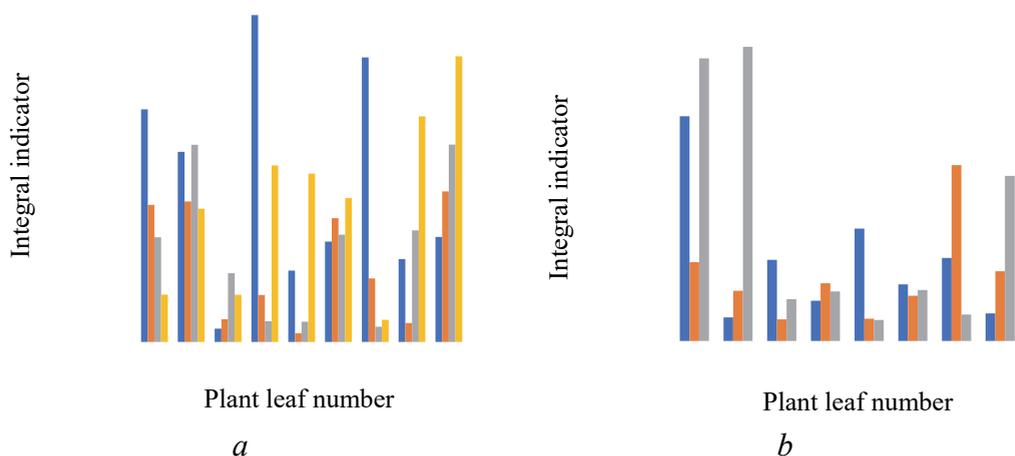


Figure 1. Integral index of stability of leaf development (the 1st sign):
a – large-leaved tree; b – small-leaved tree

Table 1

Column statistics (the 1st sign)								
Month	June		July		August		September	
Tree	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved
Number of values	9	8	9	8	9	8	9	–
Minimum	0.005	0.012	0.003	0.011	0.006	0.011	0.009	–
Maximum	0.132	0.117	0.061	0.092	0.080	0.154	0.116	–
Mean	0.063	0.042	0.032	0.034	0.038	0.061	0.056	–
Std. Deviation	0.043	0.034	0.024	0.026	0.029	0.060	0.036	–
Std. Error	0.014	0.012	0.008	0.009	0.010	0.021	0.012	–
Lower 95% CI of mean	0.030	0.014	0.014	0.013	0.016	0.011	0.029	–
Upper 95% CI of mean	0.096	0.071	0.050	0.055	0.060	0.111	0.083	–
Coefficient of variation	68.28%	80.93%	74.00%	75.48%	75.69%	98.86%	63.48%	–
Sum	0.569	0.338	0.289	0.272	0.340	0.488	0.505	–

Table 2

1-way ANOVA (the 1st sign)		
Parameter	Value	
	Large-leaved tree	Small-leaved tree
P value	0.180	0.445
P value summary	ns	ns
Are means signif. different? (P < 0,05)	No	No
Number of groups	4	3
F	1.735	0.841
R squared	0.140	0.074

Table 3

ANOVA (the 1st sign)			
ANOVA Table	SS	df	MS
<i>Large-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00587	3	0.00196
Residual (within columns)	0.03611	32	0.00113
Total	0.04199	35	
<i>Small-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00306	2	0.00153
Residual (within columns)	0.03825	21	0.00182
Total	0.04131	23	

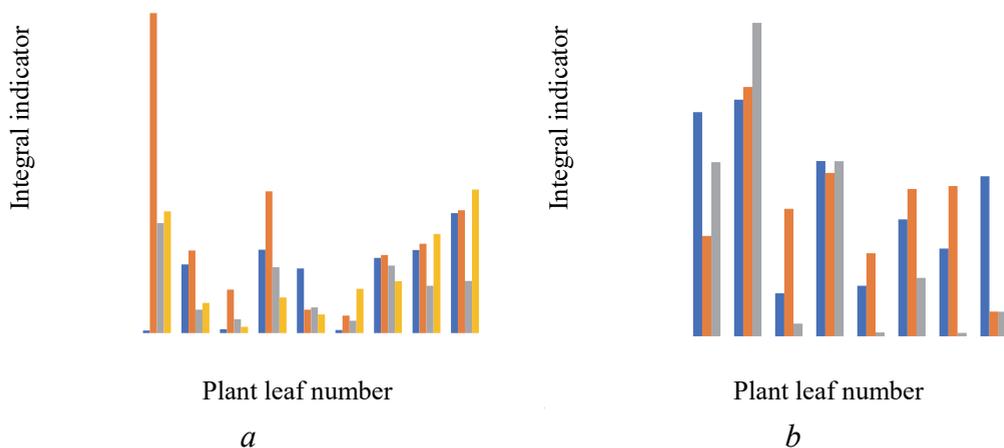


Figure 2. Integral index of stability of leaf development (the 2nd sign):
 a – large-leaved tree; b – small-leaved tree

Table 4

Column statistics (the 2nd sign)								
Month	June		July		August		September	
Tree	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved
Number of values	9	8	9	8	9	8	9	–
Minimum	0.001	0.007	0.005	0.004	0.003	0.001	0.002	–
Maximum	0.033	0.039	0.088	0.041	0.030	0.051	0.039	–
Mean	0.016	0.022	0.028	0.021	0.013	0.016	0.017	–
Std. Deviation	0.012	0.012	0.025	0.011	0.009	0.018	0.013	–
Std. Error	0.004	0.004	0.008	0.004	0.003	0.007	0.004	–
Lower 95% CI of mean	0.007	0.012	0.009	0.012	0.006	0.000	0.007	–
Upper 95% CI of mean	0.025	0.033	0.047	0.030	0.019	0.031	0.027	–
Coefficient of variation	75.32%	55.30%	90.32%	50.51%	69.22%	117.91%	78.57%	–
Sum	0.140	0.179	0.252	0.171	0.113	0.125	0.150	–

Table 5

1-way ANOVA (the 2nd sign)		
Parameter	Value	
	Large-leaved tree	Small-leaved tree
P value	0.207	0.600
P value summary	ns	ns
Are means signif. different? ($P < 0,05$)	No	No
Number of groups	4	3
F	1.609	0.523
R squared	0.131	0.047

Table 6

ANOVA (the 2nd sign)			
ANOVA Table	SS	df	MS
<i>Large-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00124	3	0.00041
Residual (within columns)	0.00819	32	0.00026
Total	0.00943	35	
<i>Small-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00021	2	0.00011
Residual (within columns)	0.00426	21	0.00020
Total	0.00448	23	

1st sign – the width of the left and right halves of the leaf. Bartlett’s test for equal variances. Large-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 3.014; P value 0.389; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”. Small-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 5.063; P value 0.080; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”.

2nd sign – the length of the vein of the second order from the base of the leaf. Bartlett’s test for equal variances. Large-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 10.1; P value 0.018; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “Yes”. Small-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 2.128; P value 0.345; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”.

3rd sign – the distance between the bases of the first and second veins of the second order of the leaf. Bartlett’s test for equal variances. Large-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 1.746; P value 0.627; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”. Small-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 0.086; P value 0.958; P value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”.

4th sign – the distance between the ends of the first and second veins of the second order of the leaf. Bartlett’s test for equal variances. Large-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 2.054; *P* value 0.561; *P* value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”. Small-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 0.158; *P* value 0.924; *P* value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”.

5th sign – the angle between the main vein and the second vein of the second order from the base of the leaf. Bartlett’s test for equal variances. Large-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 0.808; *P* value 0.848; *P* value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”. Small-leaved tree: bartlett’s statistic (corrected) 2.52; *P* value 0.284; *P* value summary “ns”; Do the variances differ signif. ($P < 0.05$) – “No”.

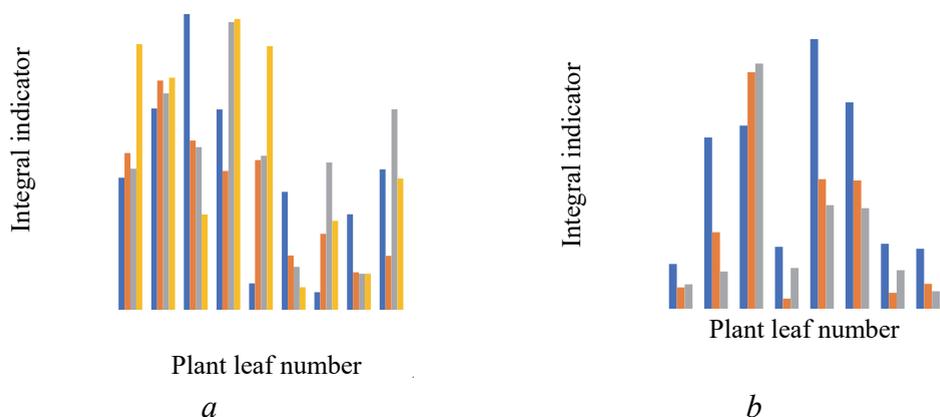


Figure 3. Integral index of stability of leaf development (the 3rd sign):
a – large-leaved tree; b – small-leaved tree

Table 7

Column statistics (the 3rd feature)								
Month	June		July		August		September	
Tree	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved
Number of values	9	8	9	8	9	8	9	–
Minimum	0.008	0.036	0.017	0.008	0.016	0.014	0.010	–
Maximum	0.130	0.214	0.101	0.188	0.127	0.195	0.128	–
Mean	0.060	0.106	0.052	0.064	0.068	0.060	0.070	–
Std. Deviation	0.039	0.068	0.029	0.064	0.035	0.060	0.046	–
Std. Error	0.013	0.024	0.010	0.022	0.012	0.021	0.015	–
Lower 95% CI of mean	0.030	0.049	0.030	0.011	0.041	0.010	0.034	–
Upper 95% CI of mean	0.090	0.162	0.074	0.117	0.095	0.111	0.105	–
Coefficient of variation	64.24%	63.97%	55.21%	99.23%	51.41%	99.83%	66.29%	–
Sum	0.541	0.845	0.470	0.512	0.612	0.483	0.628	–

Table 8

1-way ANOVA (the 3rd feature)		
Parameter	Value	
	Large-leaved tree	Small-leaved tree
P value	0.746	0.310
P value summary	ns	ns
Are means signif. different? ($P < 0.05$)	No	No
Number of groups	4	3
F	0.411	1.241
R squared	0.037	0.106

Table 9

ANOVA (the 3rd feature)			
ANOVA Table	SS	df	MS
<i>Large-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00175	3	0.00058
Residual (within columns)	0.04547	32	0.00142
Total	0.04722	35	
<i>Small-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.01012	2	0.00506
Residual (within columns)	0.08562	21	0.00408
Total	0.09573	23	

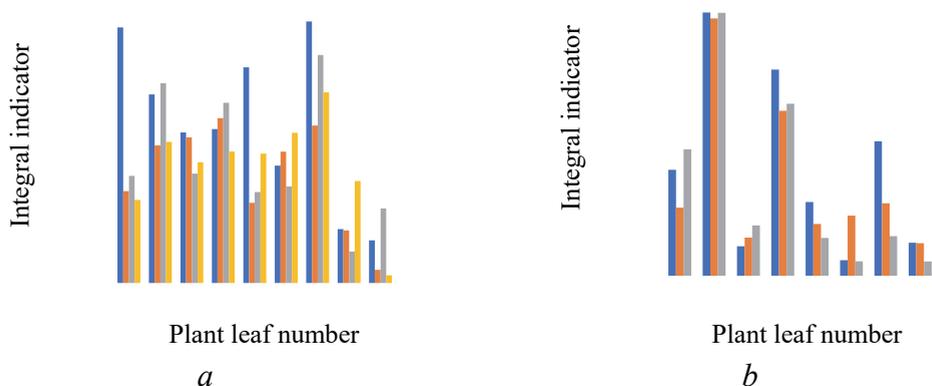


Figure 4. Integral index of stability of leaf development (the 4th sign):
a – large-leaved tree; b – small-leaved tree

Table 10

Column statistics (the 4th sign)								
Month	June		July		August		September	
Tree	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved
Number of values	9	8	9	8	9	8	9	–
Minimum	0.022	0.010	0.007	0.022	0.016	0.010	0.004	–
Maximum	0.136	0.175	0.086	0.171	0.119	0.175	0.099	–
Mean	0.083	0.072	0.056	0.062	0.065	0.060	0.061	–
Std. Deviation	0.041	0.059	0.027	0.052	0.034	0.060	0.026	–
Std. Error	0.014	0.021	0.009	0.018	0.011	0.021	0.009	–
Lower 95% CI of mean	0.051	0.022	0.036	0.018	0.039	0.010	0.041	–
Upper 95% CI of mean	0.115	0.121	0.077	0.105	0.091	0.110	0.081	–
Coefficient of variation	49.68%	82.85%	48.02%	83.99%	52.01%	99.89%	43.46%	–
Sum	0.748	0.574	0.508	0.495	0.582	0.478	0.548	–

Table 11

1-way ANOVA (the 4th sign)		
Parameter	Value	
	Large-leaved tree	Small-leaved tree
P value	0.341	0.905
P value summary	ns	ns
Are means signif. different? (P < 0,05)	No	No
Number of groups	4	3
F	1.157	0.101
R squared	0.098	0.009

Table 12

ANOVA (the 4th sign)			
ANOVA Table	SS	df	MS
<i>Large-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00371	3	0.00124
Residual (within columns)	0.03417	32	0.00107
Total	0.03787	35	
<i>Small-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00066	2	0.00033
Residual (within columns)	0.06858	21	0.00327
Total	0.06923	23	

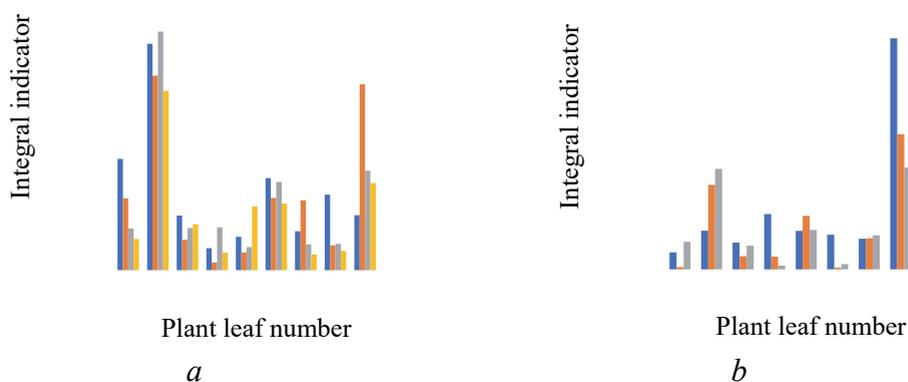


Figure 5. Integral index of stability of leaf development (the 5th sign):
a – large-leaved tree; *b* – small-leaved tree

Table 13

Column statistics (the 5th feature)								
Month	June		July		August		September	
Tree	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved	Large-leaved	Small-leaved
Number of values	9	8	9	8	9	8	9	–
Minimum	0.015	0.014	0.005	0.001	0.015	0.003	0.010	–
Maximum	0.150	0.193	0.129	0.113	0.158	0.085	0.119	–
Mean	0.052	0.049	0.050	0.035	0.046	0.035	0.039	–
Std. Deviation	0.041	0.059	0.046	0.040	0.046	0.032	0.034	–
Std. Error	0.014	0.021	0.015	0.014	0.015	0.011	0.011	–
Lower 95% CI of mean	0.020	0.000	0.014	0.002	0.011	0.008	0.012	–
Upper 95% CI of mean	0.084	0.098	0.085	0.068	0.081	0.062	0.065	–
Coefficient of variation	79.04%	119.82%	93.14%	113.74%	99.09%	92.32%	88.61%	–
Sum	0.470	0.393	0.447	0.278	0.415	0.280	0.349	–

Table 14

1-way ANOVA (the 5th feature)		
Parameter	Value	
	Large-leaved tree	Small-leaved tree
P value	0.914	0.768
P value summary	ns	ns
Are means signif. different? (P < 0,05)	No	No
Number of groups	4	3
F	0.173	0.268
R squared	0.016	0.025

Table 15

ANOVA (the 5th feature)			
ANOVA Table	SS	df	MS
<i>Large-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00092	3	0.00031
Residual (within columns)	0.05690	32	0.00178
Total	0.05780	35	
<i>Small-leaved tree</i>			
Treatment (between columns)	0.00108	2	0.00054
Residual (within columns)	0.04250	21	0.00202
Total	0.04358	23	

Discussion

ANOVA analysis of variance showed that there are no differences between the average values of the compared groups on five grounds.

Using the Bartlett test, an approximate criterion was determined to assess the uniformity of variance for equal deviations on five grounds.

To the question whether these deviations differ significantly between large leaves (according to the first, third, fourth and fifth characteristics), the answer is received – there are no differences. According to the second criterion (the length of the vein of the second order from the base of the leaf), these deviations differ.

To the question whether these deviations differ significantly in small leaves, the answer is received – there are no differences.

The formation of an individual development trajectory occurs at each leaf. This can be seen in the figures presented. It is associated with growing conditions – a recreation area in an industrial center with a high recreational load. Under extreme growing conditions, an adaptive reaction of the leaves is manifested. The phenomenon of adaptive polymorphism was noted in birch leaves. However, the morphological and functional features of the leaf are inextricably linked.

Conclusion

During the growing season on the territory of the recreation zone in the Ufa industrial center, deviations in the development of *Betula pendula* leaves were noted.

It was noted that leaf asymmetry indices can be used to characterize the state of *Betula pendula* trees.

The need to monitor the state of the stands, as well as the timely detection of violations and changes in the condition of individual trees, is associated with the development of measures for the care of the stands and for the reconstruction of the stands.

References

- [1] Konstantinov EL. Analysis of the stability of warty birch (*Betula pendula* Roth.) as a method of bioindication of environmental quality. *Problems of General Biology and Applied Ecology*. 1997;(1):107–108. (In Russ.)
- [2] Kulagin AYU, Tagirova OV. *Forest stands of the Ufa industrial center: current state in the conditions of anthropogenic influences*. Ufa: Gilem Publ.; Bashkirkaya entsiklopediya Publ.; 2015. (In Russ.)

- [3] Musketeers AB, Shestakov GA, Shpynov AV, Garkunov MI, Konstantinov EL. Bioindicating assessment of the landfill site 3. *Anthropogenic Impacts and Human Health: All-Russian Scientific-Practical Conference*. Kaluga; 1996. p. 242–244. (In Russ.)
- [4] Palmer AR, Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests. *Acta Zool. Fennica*. 1992;191:57–72.
- [5] Chippindale A, Palmer R. Persistence of subtle departures from symmetry over multiple molts in individual brachyuran crabs: relevance to developmental stability. *Genetica*. 1993;89(1–3):185–199.
- [6] Cowart NM, Graham JH. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.). *Int. J. Plant Sci.* 1999;160(1):116–121.
- [7] Graham JH, Shimizu K, Emlen JM, et al. Growth models and the expected distribution of fluctuating asymmetry. *Biol. J. Lin. Soc.* 2003;80:57–65.
- [8] Kulagin AA. (ed.) Monitor the state of the environment and health of city district city of Ufa Bashkortostan. Ufa: BSPU Publ.; 2014. (In Russ.)
- [9] Graham JH, Whitesell MJ, Fleming M, Hel-Or H, Nevo E, Raz Sh. Fluctuating asymmetry of plant leaves: batch processing with LAMINA and continuous symmetry measures. *Symmetry*. 2015;7:255–268. <https://doi.org/10.3390/sym7010255>
- [10] Kozlov M, Zverev V, Sandner TM. photosynthetic efficiency is higher in asymmetric leaves than in symmetric leaves of the same plant. *Symmetry*. 2019;11(6):834. <https://doi.org/10.3390/sym11060834>
- [11] Zakharov VM. *The asymmetry of animals (population-phenogenetically approach)*. Moscow: Nauka Publ.; 1987. (In Russ.)
- [12] Shestakova GA, Streltsov AB, Konstantinov EL. Methodology for collecting and processing the material to assess the stability of *Betula pendula*. *Materials for Additional Environmental Education of Students: Collection of Articles*. 2004;1:187–195. (In Russ.)
- [13] Zakharov VM, Baranov AS, Borisov VI, et al. *Environmental health: methods of evaluation*. Moscow: Center for Russian Environmental Policy; 2000. (In Russ.)
- [14] Tagirova OV, Kulagin AYu. Seasonal variability of hanging birch leaves (*Betula pendula* Roth) in extreme forest-growing conditions. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2017;11(211):115–117. (In Russ.)
- [15] Tagirova OV, Kulagin AYu, Zaitsev GA. Seasonal dynamics of changes in some parameters of birch leaves hanging (*Betula pendula* Roth) in the conditions of industrial impact (Ufa, Republic of Bashkortostan). *Principles of Ecology*. 2019;8(2):110–118. (In Russ.)

Список литературы

- [1] Константинов Е.Л. Анализ уровня стабильности развития березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) как метод биоиндикации качества среды // Проблемы общей биологии и прикладной экологии: сб. тр. молодых ученых. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1997. С. 107–108.
- [2] Кулагин А.Ю., Тагирова О.В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2015. 196 с.
- [3] Мускетерс Ф.Б., Шестаков Г.А., Шпинов А.В., Гаркунов М.И., Константинов Е.Л. Биоиндикационная оценка полигона 3 // Антропогенные воздействия и здоровье человека: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Калуга, 1996. С. 242–244.
- [4] Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests // *Acta Zool. Fennica*. 1992. Vol. 191. Pp. 57–72.

- [5] Chippindale A., Palmer R. Persistence of subtle departures from symmetry over multiple molts in individual brachyuran crabs: relevance to developmental stability // *Genetica*. 1993. Vol. 89. Issues 1–3. Pp. 185–199.
- [6] Cowart N.M., Graham J.H. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.) // *Int. J. Plant Sci.* 1999. Vol. 160. Issue 1. Pp. 116–121.
- [7] Graham J.H., Shimizu K., Emlen J.M. et al. Growth models and the expected distribution of fluctuating asymmetry // *Biol. J. Lin. Soc.* 2003. Vol. 80. Pp. 57–65.
- [8] Мониторинг состояния среды обитания и здоровья населения городского округа город Уфа Республики Башкортостан / под ред. А.А. Кулагина. Уфа: Изд-во БГПУ, 2014. 250 с.
- [9] Graham J.H., Whitesell M.J., Fleming M., Hel-Or H., Nevo E., Raz Sh. Fluctuating asymmetry of plant leaves: batch processing with LAMINA and continuous symmetry measures // *Symmetry*. 2015. Vol. 7. Pp. 255–268. <https://doi.org/10.3390/sym7010255>
- [10] Kozlov M., Zverev V., Sandner T.M. photosynthetic efficiency is higher in asymmetric leaves than in symmetric leaves of the same plant // *Symmetry*. 2019. Vol. 11. Issue 6. <https://doi.org/10.3390/sym11060834>
- [11] Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.
- [12] Шестакова Г.А., Стрельцов А.Б., Константинов Е.Л. Методика сбора и обработки материала для оценки стабильности развития березы повислой // Материалы по дополнительному экологическому образованию учащихся: сборник статей. Калуга: КГПУ имени К.Э. Циолковского, 2004. Вып. I. С. 187–195.
- [13] Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
- [14] Тагирова О.В., Кулагин А.Ю. Сезонная изменчивость листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в экстремальных лесорастительных условиях // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11(211). С. 115–117.
- [15] Тагирова О.В., Кулагин А.Ю., Зайцев Г.А. Сезонная динамика изменения морфологических параметров листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях промышленного воздействия (Уфа, Республика Башкортостан) // Принципы экологии. 2019. Т. 8. № 2 (32). С. 110–118.

Bio notes:

Olesya V. Tagirova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. ORCID: 0000-0003-1615-7005. E-mail: oleyci@mail.ru

Alexsei Yu. Kulagin, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Forestry Laboratory, Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences. ORCID: 0000-0002-6617-1027. E-mail: coolagin@list.ru

Сведения об авторах:

Тагирова Олеся Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии, географии и природопользования, Башкирский государственный педагогический университет имени М. Акмуллы. ORCID: 0000-0003-1615-7005. E-mail: oleyci@mail.ru

Кулагин Алексей Юрьевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией лесоведения, Уфимский институт биологии, Уфимский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук. ORCID: 0000-0002-6617-1027. E-mail: coolagin@list.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-138-146

УДК 633.16:57.045:631.81:631.811.9:631.811.93

Научная статья / Research article

Агроэкологическая оценка изменения содержания кадмия в растениях ярового ячменя под влиянием селена и кремния

А.А. Лапушкина¹, А.Д. Аленичева², И.В. Верниченко³,
О.А. Щуклина², И.Н. Ворончихина²

¹Московский центр агрохимической службы,

Российская Федерация, 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 31А

²Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН,

Российская Федерация, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4

³Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,

Российская Федерация, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

✉ Noisia4u@yandex.ru

Аннотация. Большое количество сельскохозяйственных угодий находится в непосредственной близости к крупным городам, а значит, промышленным предприятиям и магистральным дорогам, что приводит к неизбежному загрязнению почв тяжелыми металлами, из которых наиболее токсичными являются кадмий, ртуть, свинец. Растениеводческая продукция, полученная с подобных площадей, все чаще содержит тяжелые металлы, которые делают ее непригодной для употребления в пищу человеком или животными. Исследования показали, что предпосевная обработка семян ярового ячменя селеном и кремнием позволяет смягчить негативное влияние абиотических стрессов на рост и развитие растений и реализовать уровень урожайности, заложенный биологией культуры в данных условиях – 3,7–3,9 т/га. Кроме того, такой агротехнический прием снижает уровень накопления кадмия в готовой продукции (зерне) на 11–12 % при выращивании ярового ячменя на почвах с высокой концентрацией кадмия.

Ключевые слова: тяжелые металлы, кадмий, селен, кремний, яровой ячмень, загрязнение почв, антропогенная нагрузка, урожайность

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№ 19-119012390082-6).

Вклад авторов. А.А. Лапушкина, А.Д. Аленичева – концептуализация исследований, выполнение лабораторных опытов и сбор данных; И.В. Верниченко – концептуализация исследования, критический анализ текста; О.А. Щуклина, И.Н. Ворончихина – анализ данных и их интерпретация.

История статьи: поступила в редакцию 10.01.2021; принята к публикации 30.01.2021.

Для цитирования: Лапушкина А.А., Аленичева А.Д., Верниченко И.В., Щуклина О.А., Ворончихина И.Н. Агроэкологическая оценка изменения содержания кадмия в растении-

ях ярового ячменя под влиянием селена и кремния // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 138–146. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-138-146>

Agroecological assessment of changes in cadmium content in spring barley plants under the influence of selenium and silicon

Anastasia A. Lapushkina¹  , Anastasia D. Alenicheva² ,
Igor V. Vernichenko³ , Olga A. Schuklina², Irina N. Voronchikhina² 

¹Moscow Center of Agrochemical Service,

31A Pryanishnikova St, Moscow, 127550, Russian Federation

²Main Botanical Garden named after N. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences,
4 Botanicheskaya St, Moscow, 127276, Russian Federation

³Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Timiryazevskaya st., 49, 127559, Moscow, Russian Federation

✉ Noisia4u@yandex.ru

Abstract. A large amount of agricultural land is located in close proximity to the metropolitan areas, it means near industrial enterprises and highways which giving rise the inevitable soil pollution by heavy metals, the most toxic of them are cadmium, mercury and lead. The plant products harvested from such areas are most frequently contains heavy metals which make them unsuitable for human or animal consumption. Studies have shown that pre-sowing treatment of spring barley seeds by selenium and silicon allows to mitigate the negative impact of abiotic stresses on plant growth and development, deliver the crop yield level, laid down by crop biology under these conditions – 3,7–3,9 t/ha. Moreover, this agricultural method reduces the level of cadmium accumulation in the finished products (grain) on 11–12% when growing of spring barley on soils with high concentration of cadmium.

Keywords: heavy metals, cadmium, selenium, silicon, spring barley, soil pollution, anthropogenic load, yield

Acknowledgements and Funding. The work was carried out with the support of Institutional Research Project No 16-119012390082-6.

Authors' contributions. Anastasia A. Lapushkina, Anastasia D. Alenicheva – conceptualization of research, laboratory experiments and data collection; Igor V. Vernichenko – conceptualization of research, critical analysis of the text; Olga A. Schuklina, Irina N. Voronchikhina – data analysis and interpretation.

Article history: received 10.01.2021; revised 30.01.2021.

For citation: Lapushkina AA, Alenicheva AD, Vernichenko IV, Schuklina OA, Voronchikhina IN. Agroecological assessment of changes in cadmium content in spring barley plants under the influence of selenium and silicon. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):138–146. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-138-146>

Введение

Кадмий наряду с ртутью и свинцом относится к политропным ядам, негативно влияющим на многие функции и системы живых организмов [1; 2]. Высокая концентрация этого элемента в почве оказывает токсическое дей-

ствие на растения, заключающееся в нарушении синтеза и функции ферментов, витаминов, гормонов и т. д., приводящему к дисбалансу питательных компонентов в растениях, что в итоге провоцирует образование хлороза листьев, повреждение корневой системы, задержку роста и, как следствие, снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Кадмий способен накапливаться в растениеводческой продукции, такой как зерно, солома, сено, зеленая масса и особенно в корнеплодах и клубнеплодах и далее поступать в организм животных и человека, вызывая различные виды заболеваний [3–5]. Избыточные концентрации кадмия обнаружены во многих почвах РФ. Увеличение насыщенности почв сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами, в том числе кадмием, также приводит к необходимости частичного или полного их вывода из оборота. Естественное содержание кадмия в почвах зависит от концентрации его в материнской породе и может меняться под воздействием почвообразовательных процессов и таких характеристик почв, как механический состав, реакция среды, содержание гумуса и органического вещества и т. д. Поэтому различные типы почв содержат разное фоновое количество кадмия: дерново-подзолистые – 0,01–0,6 мг/кг, серые лесные – 0,03–0,7 мг/кг, чернозем – 0,01–1,0 мг/кг. Среднее содержание кадмия в почвах других стран составляет 0,07–1,1 мг/кг, в России от 0,01 до 1,0 мг/кг. В почву кадмий также ежегодно поступает вместе с пылевыми выбросами металлургических предприятий, электронной и электротехнической промышленности, автотранспорта и тепловых электростанций [6; 7]. Еще одним источником его поступления в почвенный покров являются осадки сточных вод, широко применяемые в последнее время в качестве удобрений [8]. По оценке ВОЗ, за последние 100 лет техногенное загрязнение окружающей среды кадмием выросло примерно в 5 раз.

В России 185 тыс. га почв различного назначения необратимо загрязнены кадмием. Сократить его валовое содержание в них невозможно. Наиболее уязвимыми становятся растения, выращиваемые на загрязненных территориях и подвергающиеся дополнительным абиотическим стрессам, в частности засухе [9; 10]. Существует мнение, что применение препаратов, в состав которых входит селен и кремний, в качестве предпосевного удобрения приводит к стресс-протекторному (защитному) действию. Данные элементы обладают способностью к увеличению устойчивости растений к абиотическим стрессам, выражающуюся в утолщении эпидермальных тканей, ускорении роста и развития корневой системы. Однако механизмы положительного влияния селена и кремния на растения в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами еще недостаточно изучены. **Целью исследования** стало изучение действия селена и кремния на урожайность ярового ячменя при разных уровнях загрязнения почвы кадмием.

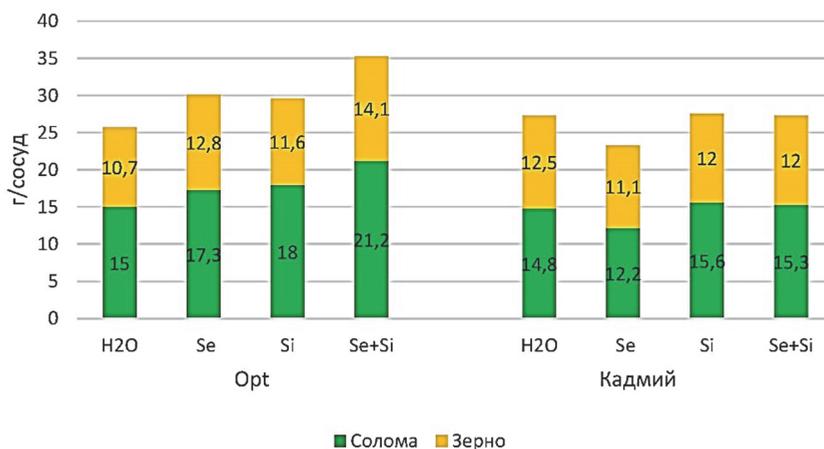
Методы и материалы

Для выявления механизмов положительного действия селена и кремния на рост и развитие ярового ячменя в условиях загрязнения почвы кадмием был проведен вегетационный опыт на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для закладки опыта была отобрана дерново-подзолистая почва из пахотного

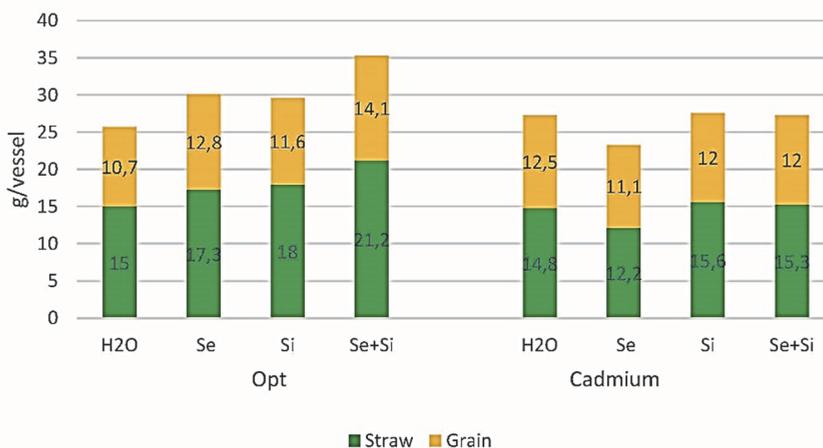
горизонта с Долгопрудной агрохимической опытной станции имени академика Д.Н. Прянишникова (ДАОС). Агрохимическая характеристика почвы показала, что она хорошо обеспечена фосфором (P_2O_5 – 93 мг/кг сухой почвы) и калием (K_2O – 82 мг/кг сухой почвы), определенных по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), содержание гумуса – 2,1 %, по Тюрину (ГОСТ 26213–91), $pH_{КСЛ}$ -4,5 (ГОСТ 26483–85). Семена высевали в сосуды Митчерлиха с массой абсолютно сухой почвы 5 кг, в 4-кратной повторности. При набивке сосудов в почву вносили растворы солей NH_4NO_3 , KH_2PO_4 и $NH_4H_2PO_4$ для создания уровня минерального питания растений фосфором и калием – 200 мг/кг почвы, азотом – 300 мг/кг почвы. Негативное влияние кадмия при высокой его концентрации в почве изучалось с помощью внесения раствора $CdSO_4$ в дозе 25 мг/кг почвы. Объект исследования – ячмень яровой, сорт Надежный. В день посева проводили обработку семян селенитом натрия (Na_2SeO_3) и силикатом натрия ($Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$), путем смачивая соответствующими растворами (5 % от веса семян) в норме 2,5 и 50 г элемента на гектарную норму семян соответственно. В качестве контроля семена обрабатывали дистиллированной водой. Растения ячменя выращивались до полной спелости зерна. После анализа урожайности и структуры урожая образцы зерна и соломы размалывались для определения содержания в них основных макроэлементов питания (NPK).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты эксперимента показали, что повышенная концентрация кадмия в почве незначительно повлияла на урожайность зерна ячменя, на контроле (оптимальный фон без предпосевной обработки семян) в среднем получено зерна 12,3 г/сосуд, в сосудах с кадмием – 11,9 г/сосуд, что, вероятно, обусловлено биологией культуры. При анализе массы соломы наблюдались следующие закономерности: предпосевная обработка семян кремнием, селеном и совместно двумя элементами в оптимальных условиях достоверно увеличивала прибавку массы соломы, по сравнению с контролем – от 15 до 41 % (рисунок). На почвах с повышенной концентрацией кадмия эффект от применения предпосевной обработки наблюдался только при применении кремния – от 10 до 16 % к контролю.



Влияние предпосевной обработки селеном и кремнием на урожайность зерна и соломы ярового ячменя при повышенной концентрации кадмия в почве



The influence of pre-sowing treatment with selenium and silicon on the grain and straw yield of spring barley with the high cadmium concentration in the soil

Повышенное содержание кадмия в почве сказалось на таком важном показателе, как масса 1000 зерен – отмечалось снижение полученных значений в среднем на 3 г по данному варианту. Однако применение предпосевной обработки семян селеном и кремнием при высокой концентрации кадмия в почве не отразилось на качестве зерна (при обработке водой масса 1000 семян составила 38 г, при обработке селеном – 35 г, при обработке кремнием – 38,5 г, при совместной обработке селеном и кремнием – 35,4 г).

Вынос основных элементов питания (NPK) – важная агрохимическая характеристика всех сельскохозяйственных культур, которая необходима для определения их потребности в макроэлементах и расчетов доз минеральных удобрений и их оптимального соотношения при внесении удобрений, а также отражает влияние изучаемых факторов на условия питания опытных культур. Вместе с урожаем зерна и его побочной продукцией – соломой – зерновые выносят около 20–40 кг/га азота, 8–15 кг/га фосфора и 20–40 кг/га калия [4]. Значительная концентрация кадмия в почве (25 г/кг) в целом не повлияла на вынос азота зерном ярового ячменя. В среднем по опыту на оптимальном фоне содержание азота составило 2,6 %, а с повышенным содержанием кадмия в почве – 2,8 %. В соломе азота содержалось 1,4 и 1,5 % соответственно. Предпосевная обработка селеном и кремнием при оптимальных условиях выращивания ярового ячменя не внесла корректив в вынос азота по сравнению с вариантом без обработки семян. Однако на фоне с высокой концентрацией кадмия в почве применение селена и кремния, увеличили вынос азота зерном ярового ячменя на 7,4 %. При совместном использовании двух элементов увеличение выноса азота зерном составило 3,7 %. При этом обработка семян микроэлементами не повлияла на процентное содержание азота в соломе на обоих изучаемых фонах.

Фосфор в растительных клетках входит в состав нуклеиновых кислот, из которых состоит генетический аппарат ядра, в состав фосфолипидов, а также соединений, определяющих свойства клеточных мембран. Фосфор является вторым элементов по количественному содержанию атомов в сухом веществе типичного растения после азота [4]. При проведении исследований установ-

лено, что процентное содержание фосфора в зерне ярового ячменя на оптимальном фоне составило в среднем 0,6 %, при этом вынос фосфора с урожаем был наиболее высоким при обработке семян микроэлементами: селеном – 82 мг/сосуд, кремнием – 80 мг/сосуд, селен+кремний – 103 мг/сосуд. Кремний и совместное применение селена и кремния положительно отразились на величине накопления фосфора зерном ярового ячменя при повышенной концентрации кадмия в почве. Вынос фосфора по сравнению с контролем увеличился на 5,2 и 6,7 % соответственно. При этом применение селена в предпосевную обработку снизило накопление фосфора в растениях, что связано с более низкой урожайностью зерна на этом варианте. Достоверного влияния изучаемых факторов на накопление фосфора в соломе отмечено не было.

Высокая концентрация ионов калия (50–100 мМ) является характерной особенностью всех растительных и животных клеток, благодаря им осуществляются процессы биосинтеза белка, фотосинтез, дыхание, синтез крахмала, жиров и углеводов. При этом в зерне содержится примерно в 4 раза больше азота и фосфора, чем в соломе, а калия и кальция в соломе в 2–3 раза больше, чем в зерне [4]. При оптимальных условиях выращивания ярового ячменя изменений в содержании калия от предпосевного применения микроэлементов в зерне и соломе не наблюдалось. В среднем оно составило 0,3 % в зерне и 1 % в соломе. Обработка семян селеном на фоне повышенного содержания кадмия в почве увеличила содержание калия в зерне на 33,3 %, а селеном – на 16,7 %, по сравнению с вариантом без обработки семян. Совместное применение обоих микроэлементов не повлияло на содержание калия в зерне, но при этом увеличился вынос калия с соломой. При оптимальных условиях выращивания и совместном применении микроэлементов вынос калия с соломой составил 157–180 г/сосуд, вынос без обработки семян – 147 г/сосуд. На фоне повышенной концентрации кадмия вынос калия увеличился только при обработке семян кремнием и при совместном применении кремния и селена. Это связано с положительным влиянием кремния на накопление калия в соломе и практически не связано с увеличением ее урожайности. Вынос калия составил при применении кремния – 374 мг/сосуд, при совместной обработке селеном и кремнием – 390 мг/сосуд, что на 11 и 16 % выше, чем на контроле.

Согласно некоторым исследованиям, повышенная концентрация кадмия в почве снижает содержания фосфора, кальция, магния, железа и цинка в растениях [3]. Накопление тяжелых металлов растениями на фоне загрязнения почвы кадмием еще недостаточно изучено. В результате экспериментальной работы получены данные, согласно которым загрязнение почвы кадмием, в 41 раз превышающее фоновое значения для дерново-подзолистых почв, увеличивало его содержание в растениях в 35 раз. Это превышает максимально допустимый уровень (МДУ) тяжелых металлов в растениях в 25 раз (таблица). При этом предпосевная обработка семян селеном и кремнием незначительно способствовала накоплению кадмия в растениях, но снижала накопление свинца. В оптимальных условиях выращивания содержание свинца в среднем по опыту составило 2,95 мг/кг почвы, при этом наблюдалось повышенное накопление кадмия растениями при обработке семян кремнием, практически доходящее до уровня МДУ – 4,9 мг/кг почвы. Применение предпо-

севной обработки семян микроэлементами на фоне высокой концентрации кадмия в почве способствовало значительному сокращению накопления свинца в растениях. Обработка семян только селеном снижала этот показатель на 51,7 %, только кремнием на 17,2 %, совместное применение селена и кремния – на 27,6 % относительно контроля. Все показатели были в 2–3 раза ниже МДУ. В опыте не наблюдалось значительного снижения накопления растениями цинка на почвах, загрязненных кадмием, что не подтверждает результаты, полученные в других исследованиях.

Влияние высокой концентрации кадмия в почве и обработки семян микроэлементами на содержание в зерне ярового ячменя микроэлементов, мг/кг почвы

Условия выращивания	Предпосевная обработка семян	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Opt	H ₂ O	0,20	2,4	33,5	5,1	2,1	1,1
	Se	0,13	3,4	27,4	3,7	1,4	1,3
	Si	0,18	4,9	37,8	4,7	2,0	1,7
	Se+Si	0,13	1,1	31,3	5,0	1,9	1,5
Cd	H ₂ O	7,00	2,9	37,8	4,3	4,0	1,8
	Se	7,80	1,4	38,6	5,6	2,7	0,6
	Si	7,90	0,9	38,1	4,3	2,7	0,8
	Se+Si	7,10	1,7	36,5	4,1	2,8	1,1
Максимально допустимый уровень		0,3	5,0	50	30	1,0	0,5

The influence of high cadmium concentration in soil and seed treatment with microelements on the micronutrient content in the spring barley grain, mg/kg of soil

Growing conditions	Presowing seed handling	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Opt	H ₂ O	0.20	2.4	33.5	5.1	2.1	1.1
	Se	0.13	3.4	27.4	3.7	1.4	1.3
	Si	0.18	4.9	37.8	4.7	2.0	1.7
	Se+Si	0.13	1.1	31.3	5.0	1.9	1.5
Cd	H ₂ O	7.00	2.9	37.8	4.3	4.0	1.8
	Se	7.80	1.4	38.6	5.6	2.7	0.6
	Si	7.90	0.9	38.1	4.3	2.7	0.8
	Se+Si	7.10	1.7	36.5	4.1	2.8	1.1
Maximum allowable level		0,3	5,0	50	30	1,0	0,5

Заключение

Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами усиливается с каждым годом и значительно сказывается на урожайности и безопасности потребления растениеводческой и животноводческой продукции человеком. Сельскохозяйственные угодья, расположенные в районах промышленного значения, в близкой доступности к транспортным магистралям и крупным городам, наиболее сильно подвержены загрязнению почв тяжелыми металлами. Осадки сточных вод крупных городов, таких как Москва и Санкт-Петербург, содержат значительное количество кадмия – от 5 до 125 кг/кг почвы, который наряду с мышьяком считается наиболее опасным тяжелым элементом, загрязняющим почву. Уже имеющиеся данные о негативном воздействии кадмия на сельскохозяйственные растения и организм человека приводят к необходимости выведения полей, сильно загрязненных кадмием, из сельско-

хозяйственного оборота, однако это резко снижает валовое производство продукции, необходимой при дальнейшем росте населения планеты. Исследования, направленные на изучение механизмов адаптации выращиваемых сельскохозяйственных растений в условиях загрязнения почв кадмием, должны решить ряд проблем с обеспечением населения качественным продовольствием. Применение микроэлементов, обладающих стресс-протекторным действием, таких как селен и кремний, позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственной продукции в оптимальных условиях и сохранить ее уровень при неблагоприятных.

Список литературы

- [1] Алексеев В.А., Алещукин Л.В., Безпалько Л.Е. Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука, 1992. 200 с.
- [2] Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1987. 142 с.
- [3] Черных Н.А. Изменение содержания ряда химических элементов в растения под действием различных количеств тяжелых металлов в почве // *Агрохимия*. 1991. № 3. С. 68–76.
- [4] Ягодин Б.А., Кидин В.В., Цвирко Э.А., Маркелова В.Н., Саблина С.М. Тяжелые металлы в системе почва – растение // *Агрохимический вестник*. 1996. № 5. С. 43–45.
- [5] Головатый С.Е., Жигарев П.Ф., Панкруская Л.И. Поступление кадмия в сельскохозяйственные растения // *Агрохимия*. 2000. № 1. С. 81–85.
- [6] Ильин В.Б. Фоновое содержание кадмия в почвах Западной Сибири // *Агрохимия*. 1991. № 5. С. 103–108.
- [7] Авраменко П.М., Лукин С.В. Тяжелые металлы в почвах Белгородской области // *Агрохимический вестник*. 1998. № 5. С. 13–14.
- [8] Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / под общ. ред. М.М. Овчаренко. М.: ЦИНАО, 1997. 290 с.
- [9] Обухов А.И., Плеханова И.О. Детоксикация дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами: теоретические и практические аспекты // *Агрохимия*. 1995. № 2. С. 108–116.
- [10] Степанюк В.В. Влияние сочетания тяжелых металлов на урожай сельскохозяйственных культур и поступление тяжелых металлов в растения // *Агрохимия*. 2000. № 1. С. 74–80.

References

- [1] Alekseenko VA, Aleshchukin LV, Bezpalko LE. *Zinc and cadmium in the environment*. Moscow: Nauka Publ.; 1992. (In Russ.)
- [2] Alekseev YuV. *Heavy metals in soil and plants*. Leningrad: Agropromizdat, Leningradskoie otделение Publ.; 1987. (In Russ.)
- [3] Chernykh NA. Changes in the content of some chemical elements in plants under the influence of different amounts of heavy metals in the soil. *Agrochemistry*. 1991;(3):68–76. (In Russ.)
- [4] Yagodin BA, Kidin VV, Tsvirko EA, Markelova VN, Sablina SM. Heavy metals in the soil – plant system. *Agrochemical Bulletin*. 1996;(5):43–45. (In Russ.)
- [5] Golovatyi SE, Zhigarev PF, Pankrutskaya LI. Cadmium intake in the agricultural plants. *Agrochemistry*. 2000;(1):81–85. (In Russ.)

- [6] Ilin VB. Cadmium background content in the soils of Western Siberia. *Agrochimistry*. 1991;(5):103–108. (In Russ.)
- [7] Avramenko PM, Lukin SV. Heavy metals in the soils of Belgorod Region. *Agrochimistry*. 1998;(5):13–14. (In Russ.)
- [8] Ovcharenko MM. (ed.) *Heavy metals in the soil – plant – fertilizer system*. Moscow: TsINAOPubl.; 1997. (In Russ.)
- [9] Obukhov AI, Plekhanova IO. Detoxification of derno-podzolic soils, polluted by heavy metals: conceptual and practical aspects. *Agrochimistry*. 1995;(2):108–116. (In Russ.)
- [10] Stepanyuk VV. Influence of heavy metals combinations on agricultural crop yield and the intake of heavy metals in the plants. *Agrochimistry*. 2000;(1):74–80. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Лапушкина Анастасия Андреевна, кандидат биологических наук, главный агрохимик, Московский центр агрохимической службы. ORCID: 0000-0002-7184-3588, eLIBRARY SPIN-код: 5661-8063. E-mail: Noisia4u@yandex.ru

Аленичева Анастасия Дмитриевна, младший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, Российская академия наук. ORCID: 0000-0002-3479-5994, eLIBRARY SPIN-код: 9859-5459. E-mail: alenicheva_a@mail.ru

Верниченко Игорь Васильевич, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. ORCID: 0000-0001-9614-7020, eLIBRARY SPIN-код: 4960-8922. E-mail: i.vernichenko@gmail.com

Шуклина Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, Российская академия наук. eLIBRARY SPIN-код: 2110-4103. E-mail: oashuklina@gmail.com

Ворончихина Ирина Николаевна, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, Российская академия наук. ORCID: 0000-0002-0639-2709, eLIBRARY SPIN-код: 9967-5608. E-mail: yarinkapanfilova@gmail.com

Bio notes:

Anastasia A. Lapushkina, PhD in Biology, chief agrochemist, Moscow Center of Agrochemical Service. ORCID: 0000-0002-7184-3588, eLIBRARY SPIN-code: 5661-8063. E-mail: Noisia4u@yandex.ru

Anastasia D. Alenicheva, junior researcher, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden named after N. Tsitsin, Russian Academy of Sciences. ORCID: 0000-0002-3479-5994, eLIBRARY SPIN-code: 9859-5459. E-mail: alenicheva_a@mail.ru

Igor V. Vernichenko, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. ORCID: 0000-0001-9614-7020, eLIBRARY SPIN-code: 4960-8922. E-mail: i.vernichenko@gmail.com

Olga A. Shchuklina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden named after N. Tsitsin, Russian Academy of Sciences. eLIBRARY SPIN-code: 2110-4103. E-mail: oashuklina@gmail.com

Irina N. Voronchikhina, researcher, Department of Distant Hybridization, Main Botanical Garden named after N. Tsitsin, Russian Academy of Sciences. ORCID: 0000-0002-0639-2709, eLIBRARY SPIN-code: 9967-5608. E-mail: yarinkapanfilova@gmail.com

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-147-154

УДК 581.5

Научная статья / Research article

Состояние ценопопуляций *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub на юго-востоке природного ареала

В.Н. Ильина 

Самарский государственный социально-педагогический университет,
Российская Федерация, 443090, Самара, ул. Антонова-Овсеенко, д. 26

✉ 5iva@mail.ru

Аннотация. Популяционно-онтогенетические исследования являются значимой составляющей биоэкологического мониторинга. Онтогенетическая структура играет роль при определении современного состояния природных популяций, оценке статуса редкости вида в регионе и на всем протяжении ареала, прогнозе дальнейшего развития вида. В Самарской области изучены природные ценопопуляции *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub на территории Заволжья (Соколы горы). По критерию «дельта – омега» большинство из них являются зрелыми, некоторые – переходными и молодыми. Выявленные особенности онтогенетической структуры и рассчитанные демографические индексы популяций указывают на несомненную редкость и уязвимое положение вида в регионе.

Ключевые слова: *Anemonoides altaica*, редкий вид, ценопопуляция, онтогенетическая структура, Самарская область.

История статьи: поступила в редакцию 03.12.2020; принята к публикации 03.01.2021.

Для цитирования: Ильина В.Н. Состояние ценопопуляций *Anemonoides Altaica* (С.А. Мей.) Holub на юго-востоке природного ареала // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 147–154. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-147-154>

State of *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub cenopopulations in the south-east of the natural area

Valentina N. Ilyina 

Samara State University of Social Sciences and Education,
26 Antonova-Ovseenko St, Samara, 443090, Russian Federation

✉ 5iva@mail.ru

Abstract. Population ontogenetic studies are an important component of bioecological monitoring. The ontogenetic structure plays a role in determining the current state of natural populations, assessing the rarity status of a species in the region and throughout its range, and

© Ильина В.Н., 2021



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

predicting the further development of the species. In the Samara region, natural cenopopulations of *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub were studied on the territory of the Trans-Volga region (Sokol'ya mountains). According to the delta – omega criterion, most of them are mature, some are transitional and young. The revealed features of the ontogenetic structure and the calculated demographic indices of populations indicate the undoubted rarity and vulnerable position of the species in the region.

Keywords: *Anemonoides altaica*, rare species, cenopopulation, ontogenetic structure, Samara region

Article history: received 03.12.2020; revised 03.01.2021.

For citation: Ilyina VN. State of *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub cenopopulations in the south-east of the natural area. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):147–154. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-147-154>

Введение

Охрана биологического и фитоценотического разнообразия базируется на различных данных по биологии и экологии конкретных видов, а также структуре и динамике растительных сообществ. Однако в большинстве случаев в конкретных регионах природоохранные мероприятия разрабатываются без учета результатов аутэкологических и демэкологических исследований. В том числе при составлении очерков Красных книг регионального и федерального уровней подобные оригинальные исследования учитываются зачастую лишь в минимальном количестве и поверхностно. Конечно, следует отметить тот факт, что степень разработанности популяционно-онтогенетических аспектов пока еще недостаточно высока, а для охвата всех редких и уязвимых растений в каждом регионе нашей страны требуется значительное число специалистов и длительное время. Однако важность популяционных исследований для определения биоэкологических характеристик видов растений не вызывает сомнений [1–6].

В Самарской области изучение онтоморфогенеза и структурно-динамических особенностей природных популяций в том или ином объеме осуществляется примерно для 70 редких и уязвимых видов, что составляет около 20 % от охраняемых представителей и 5 % от флоры региона.

Среди изучаемых видов самарской флоры особое место имеют виды, произрастающие в лесных фитоценозах. В связи с тем, что лесопокрываемая площадь Самарской области составляет менее 14 %, число локалитетов лесных видов объективно невелико. Кроме того, популяции редких видов расположены на значительном расстоянии друг от друга, что препятствует обмену диаспорами.

Ветреничка алтайская (*Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub, Ranunculaceae) является реликтовым представителем широколиственных лесов [7; 8]. Ареал охватывает восточные районы европейской части России, Западную и Восточную Сибирь. Вид включен в списки охраняемых на территории некоторых регионов, в том числе в европейской части России (в Архангельской, Вологодской, Костромской, Пензенской, Самарской, Ульяновской, Ярославской областях, республиках Коми, Марий Эл, Татарстан, Чувашской рес-

публике) и некоторых регионах Сибири (Республика Бурятия, Иркутская область). Однако результатов, полученных при выполнении ценопопуляционных исследований (в различных аспектах) на протяжении ареала *Anemonoides altaica*, не так уж и много, некоторые сведения изложены в ряде публикаций [3; 9–15].

Важно отметить, что другие виды данного рода также являются объектами ценопопуляционного мониторинга [16; 17]. Полученные разными авторами результаты могут быть интересны в связи с общими биоэкологическими характеристиками видов и важны для получения первичных данных для *Anemonoides altaica*.

Цель работы – определить современное состояние природных популяций *Anemonoides altaica* в Самарской области (на юго-восточной границе распространения).

Материалы и методы

В настоящее время в Самарской области *Anemonoides altaica* охраняется на региональном уровне с категорией редкости 3 – редкий вид [18]. В Самарской области известно два локалитета, один из которых находится в Предволжье (Самарская Лука), другой – в Самарском Заволжье (Соколы горы). Под локалитетом в данном случае понимается географически или экологически четко ограниченная область, в которой одно катастрофическое событие может быстро затронуть все особи данного вида.

Состояние географической популяции *Anemonoides altaica* Сокольных гор в условиях низкой антропогенной нагрузки считается удовлетворительным на протяжении последних лет, что указывается и другими самарскими исследователями [19; 20].

В ходе работ использована методика и основные термины, разработанные отечественными учеными в рамках популяционно-онтогенетического направления [2; 4; 21–24,]. Трансекты для изучения пространственной и онтогенетической структуры популяций *Anemonoides altaica* закладывались поперек склона с шагом в 1 м. Оценка демографических параметров осуществлена согласно основным рекомендациям [21; 22], состояние популяций оценено по критерию «дельта – омега» [2].

Всего изучено 10 ценопопуляций (ЦП) *Anemonoides altaica* в растительных сообществах Сокольных гор (в составе дубравы кленово-разнотравной, дубравы лещиново-разнотравной, кленовика бересклетово-разнотравного). В среднем изученные ценопопуляции имеют площадь около 50–120 м² и характеризуются численностью около 150–300 (до 500) генеративных особей. На данной территории отмечаются рекреация, рубки леса, пожары, несанкционированные свалки мусора, в некоторых случаях отчуждение участков.

Результаты и обсуждение

Полученные в ходе мониторинговых исследований данные о популяционной организации *Anemonoides altaica* на территории Сокольных гор (Самарская область) легли в основу экспертной оценки современного состояния их ценопопуляций в условиях антропогенной, прежде всего рекреационной,

нагрузки. В таблице приведены основные демографические показатели для 10 обследованных ценопопуляций.

Усредненный онтогенетический спектр ценопопуляций *Anemonoides altaica* правосторонний с одним максимумом на старых генеративных особях (34,1 %). Обычно доминирующее и субдоминирующее положение в возрастных спектрах конкретных ценопопуляций имеют старые генеративные и зрелые генеративные особи, лишь в некоторых ценопопуляциях значительным является вклад молодых генеративных растений. Доля генеративных особей в среднем в составе ценопопуляций насчитывает около 73 %, прегенеративных растений – около 25 %, постгенеративных – чуть более 1 %.

Индекс замещения особей (I_3) в обследованных ценопопуляциях *Anemonoides altaica* имеет средний показатель 0,34, база вариаций индекса составляет 0,17–0,64. Индекс восстановления (I_B) популяций в среднем также равен 0,34, база вариаций индекса – 0,17–0,64 (так как в популяциях с крайними значениями индексов замещения и восстановления сенильные особи отсутствуют или их число невысокое). Индекс старения (I_{cr}) популяций составляет 0,01 (база вариаций индекса от 0, в случае отсутствия сенильной группы особей в составе ценопопуляций, особи отмирают на более ранних этапах онтогенеза, до 0,04). Это свидетельствует о затрудненном процессе самовосстановления и самоподдержания вида в растительных сообществах в сложившихся условиях.

Индекс возрастности Δ составил в среднем 0,44 (минимальное значение 0,34 в ЦП 9, максимальное – 0,51 в ЦП 6 и 8). Индекс эффективности ω имеет средний показатель, равный 0,71 (минимальный – 0,63 в ЦП 4 и 9, максимальный – 0,78 в ЦП 7). Индекс эффективности в изучаемых популяциях свидетельствует о достаточно высоком уровне нагрузки, создаваемой особями, на ресурсы среды.

Оценка демографических показателей позволила установить основные типы ценопопуляций ветренички. В основном они относятся к зрелым нормальным (70 %) – ЦП 1–3, 5–8. Пятая часть обследованных ценопопуляций характеризуются как переходные нормальные (ЦП 4 и 10). Лишь одна ценопопуляция (9) является молодой нормальной (что составило 10 % от обследованных ценопопуляций).

Демографические параметры ценопопуляций

Номер ЦП	$p-v$, %	g_1-g_3 , %	$ss-s$, %	I_3	I_B	I_{cr}	Δ	ω	Тип ценопопуляции
1	26,0	72,0	2,0	0,35	0,36	0,02	0,40	0,72	Зрелая
2	18,6	79,7	1,7	0,23	0,23	0,02	0,44	0,74	Зрелая
3	27,1	69,7	3,2	0,37	0,39	0,03	0,40	0,71	Зрелая
4	38,9	61,1	0	0,64	0,64	–	0,38	0,63	Переходная
5	25,5	74,5	0	0,34	0,34	–	0,42	0,70	Зрелая
6	17,8	79,6	2,6	0,22	0,22	0,03	0,51	0,74	Зрелая
7	16,2	83,8	0	0,19	0,19	–	0,48	0,78	Зрелая
8	14,6	84,1	1,3	0,17	0,17	0,01	0,51	0,77	Зрелая
9	36,6	62,0	1,4	0,58	0,59	0,01	0,34	0,63	Молодая
10	27,4	68,8	3,8	0,38	0,40	0,04	0,43	0,69	Переходная
Среднее значение	25,3	73,41	1,3	0,34	0,34	0,01	0,44	0,71	

Demographic parameters of the population

Number	$p-v, \%$	$g_1-g_3, \%$	$ss-s, \%$	I_s	I_n	I_{cr}	Δ	ω	Type of coenopopulation
1	26.0	72.0	2.0	0.35	0.36	0.02	0.40	0.72	Mature
2	18.6	79.7	1.7	0.23	0.23	0.02	0.44	0.74	Mature
3	27.1	69.7	3.2	0.37	0.39	0.03	0.40	0.71	Mature
4	38.9	61.1	0	0.64	0.64	–	0.38	0.63	Transitional
5	25.5	74.5	0	0.34	0.34	–	0.42	0.70	Mature
6	17.8	79.6	2.6	0.22	0.22	0.03	0.51	0.74	Mature
7	16.2	83.8	0	0.19	0.19	–	0.48	0.78	Mature
8	14.6	84.1	1.3	0.17	0.17	0.01	0.51	0.77	Mature
9	36.6	62.0	1.4	0.58	0.59	0.01	0.34	0.63	Young
10	27.4	68.8	3.8	0.38	0.40	0.04	0.43	0.69	Transitional
Average value	25.3	73.41	1.3	0.34	0.34	0.01	0.44	0.71	

Заклучение

Выявление закономерностей развития и текущего состояния природных популяций редких видов растений требует многоаспектного изучения структурной организации как самой популяции, так и всего фитоценоза. Популяционно-онтогенетические методы исследования позволяют выявить факторы, лимитирующие развитие ценопопуляций и растительных сообществ в целом, а также сукцессионные изменения.

Современное состояние природных популяций *Anemonoides altaica* в Самарской области оценено с использованием основных демографических индексов, характеризующих онтогенетическую структуру ценопопуляций. Выявлена онтогенетическая структура 10 ценопопуляций вида. Усредненный онтогенетический спектр ценопопуляций характеризуется как правосторонний и имеет один пик (преобладают старые генеративные растения). Для ценопопуляций свойственно накопление генеративных особей.

Онтогенетическая структура ценопопуляций *Anemonoides altaica* в Самарском Заволжье в целом неоднородна, обнаруживается варьирование основных демографических индексов, что может объясняться конкретными эколого-фитоценозическими условиями и степенью антропогенной нагрузки.

Расчитанные демографические индексы позволили установить типы ценопопуляций, в основном это зрелые нормальные популяции.

Анализ структуры ценопопуляций *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub позволяет сделать вывод, что даже при достаточно высокой численности и плотности особей в конкретных географических пунктах, этот вид требует тщательного соблюдения мероприятий по сохранению и регламентированию рекреационного и хозяйственного использования природно-территориальных комплексов.

Список литературы

- [1] Бийболатова З.А., Аджиева А.И. Онтогенетическая структура ценопопуляций эндемичного дагестанского вида *Scabiosa gumbetica* Boiss. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–1. С. 43–47.
- [2] Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.

- [3] Зиненко М.И., Ямских И.Е. Изменчивость и взаимосвязь признаков *Anemonoides altaica*, произрастающей в растительных сообществах Западного и Восточного Саян // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2010. № 5. С. 55–57.
- [4] Воронцова Л.И., Гатцук Л.Е., Егорова В.Н., Ермакова И.М., Жукова Л.А., Заугольнова Л.Б., Курченко Е.И., Матвеев Л.Е., Михайлова Т.Д., Просвирнина Е.А., Смирнова О.В., Торопова Н.А., Фаликов Л.Д., Шорина Н.И. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М., 1976. 217 с.
- [5] Kalliovirta M., Rytteri T., Heikkinen R.K. Population structure of a threatened plant, *Pulsatilla patens* in boreal forests: modelling relationships to overgrowth and site closure // Biodiversity Conservation. 2006. Vol. 15. Pp. 3095–3108.
- [6] Muncaciu S., Gafta D., Cristea V., Roşca-Casian O., Irina G. Eco-coenotic conditions and structure of *Trollius europaeus* L. populations in an extrazonal habitat complex (Transylvanian Carpathian foothills) // Flora. 2010. Vol. 205. No. 11. Pp. 711–720. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2010.04.017>
- [7] Саксонов С.В., Васюков В.М., Сенатор С.А., Раков Н.С., Сидякина Л.В. О некоторых реликтовых элементах флоры Среднего Поволжья // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 4. С. 46–65.
- [8] Саксонов С.В., Сенатор С.А., Конева Н.В. Классификация реликтовых растений центральной части Приволжской возвышенности // Изв. Самар. НЦ РАН. 2011. Т. 13. № 5. С. 64–67.
- [9] Мамушина Н.С., Зубкова Е.К., Буболо Л.С., Тютерева Е.В. Структурно-функциональная характеристика эфемероидов бореальной зоны // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 7. С. 906–916.
- [10] Самосенко И.Е., Шемберг М.А. Состояние ценопопуляций *Anemone baikalensis* (Ranunculaceae) в Западном Саяне // Ботанический журнал. 1999. Т. 84. № 8. С. 86–93.
- [11] Шарова М.А. Морфометрические параметры весенних эфемероидов *Anemone altaica* и *Anemone ranunculoides* в естественной и антропогенной среде // Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых высшей школы естественных наук и технологий САФУ – 2020. Архангельск, 2020. С. 143–148.
- [12] Яковлев И.А., Абрамова Л.М. Влияние антропогенной нагрузки на изменчивость биоморфологических параметров *Anemonoides altaica* (С.А. Меу.) Holub в онтогенезе // Влияние физических, химических и экологических факторов на рост и развитие растений: материалы 4-й Всероссийской научной конференции в МГОПИ. М.: МГОПИ, 2007. С. 70–73.
- [13] Ямских И.Е., Зиненко М.И. Биоэкологические особенности *Anemonoides altaica* в южной части Красноярского края // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы VII Международной научно-практической конференции. Барнаул, 2008. С. 104–106.
- [14] Ямских И.Е., Куцев М.Г., Уварова О.В. Полиморфизм популяций *Anemonoides altaica* (С.А. Меу.) Holub в горах Южной Сибири на основе морфологических данных и ISSR-PCR анализа // Turczaninowia. 2011. Т. 14. № 1. С. 10–18.
- [15] Ямских И.Е., Чижикова М.И. Состояние ценопопуляций *Anemonoides altaica* С.А. Меу. в южной части Красноярского края // Экология. 2011. № 4. С. 303–308.
- [16] Ильина В.Н. Некоторые результаты исследований ценопопуляций *Anemone sylvestris* L. (Ranunculaceae) в Самарском Заволжье // Самарская Лука: проблемы региональной глобальной экологии. 2009. Т. 18. № 4. С. 159–170.
- [17] Ямских И.Е., Куцев М.Г. Полиморфизм популяций *Anemone baikalensis* Turcz. ex Ledeb. на основе морфологических данных и RAF-PCR анализа // Turczaninowia. 2012. Т. 15. № 4. С. 82–89.
- [18] Красная книга Самарской области: в 2 т. Т. 1. Редкие виды растений и грибов. Изд. 2-е, перераб. и доп. Самара, 2017. 384 с.
- [19] Головлев А.А. *Anemonoides altaica* (С.А. Меу.) Holub в Сокольных и Сорочинских горах // Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2014. С. 103–107.

- [20] Головлев А.А. Новые сведения о распространении ветренички алтайской *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub в Соколых горах // Природное наследие России: сборник научных статей Международной научной конференции, посвященной 100-летию национального заповедного дела и Году экологии в России. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2017. С. 271–272.
- [21] Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде: в 2 ч. Ч. 1. Йошкар-Ола: МарГУ, 1998. С. 146–149.
- [22] Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Ланар, 1995. 224 с.
- [23] Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Серия 3. Геоботаника. М. – Л., 1950. Вып. 6. С. 7–204.
- [24] Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.

References

- [1] Biybolatova ZA, Adzhiyeva AI. Ontogenetic structure of cenopopulations of the endemic Dagestan species *Scabiosa gumbetica* Boiss. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2014;(10–1):43–47. (In Russ.)
- [2] Zhivotovskiy LA. Ontogenetic state, effective density and classification of populations. *Russian Journal of Ecology*. 2001;(1):3–7. (In Russ.)
- [3] Zinenko MI, Yamskikh IYe. Variation and interrelation of traits of *Anemonoides altaica* growing in plant communities of the Western and Eastern Sayan Mountains. *Byull. Botanical Garden-Institute FEB RAS*. 2010;(5):55–57. (In Russ.)
- [4] Vorontsova LI, Gattsuk LE, Egorova VN, Ermakova IM, Zhukova LA, Zaugolnova LB, Kurchenko EI, Matveev LE, Mikhailova TD, Prosvirina EA, Smirnova OV, Toropova NA, Falikov LD, Shorina NI. *Plant cenopopulations (basic concepts and structure)*. Moscow; 1976. (In Russ.)
- [5] Kalliovirta M, Rytteri T, Heikkinen RK. Population structure of a threatened plant, *Pulsatilla patens* in boreal forests: modelling relationships to overgrowth and site closure. *Biodiversity Conservation*. 2006;15:3095–3108.
- [6] Muncaci S, Gafta D, Cristea V, Roşca-Casian O, Irina G. Eco-coenotic conditions and structure of *Trollius europaeus* L. populations in an extrazonal habitat complex (Transylvanian Carpathian foothills). *Flora*. 2010;205(11):711–720. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2010.04.017>
- [7] Saksonov SV, Vasyukov VM, Senator SA, Rakov NS, Sidiyakina LV. About some relict elements of the flora of Middle Volga region. *Samarskaya Luka: Problemy Regional'noy i Global'noy Ekologii*. 2017;26(4):46–65. (In Russ.)
- [8] Saksonov SV, Senator SA, Koneva NV. Classification of relict plants in the central part of the Volga Upland. *Izv. Samar. SC RAS*. 2011;13(5):64–67. (In Russ.)
- [9] Mamushina NS, Zubkova YeK, Bubolo LS, Tyutereva YeV. Structural and functional characteristics of ephemeroids of the boreal zone. *Botanical Journal*. 2011;96(7):906–916. (In Russ.)
- [10] Samosenko IYe, Shemberg MA. The state of cenopopulations of *Anemone baikalensis* (Ranunculaceae) in the Western Sayan. *Botanical Journal*. 1999;84(8):86–93. (In Russ.)
- [11] Sharova M.A. Morphometric parameters of the spring ephemeroids *Anemone altaica* and *Anemone ranunculoides* in the natural and anthropogenic environment. *Lomonosov Scientific Readings of Students, Postgraduates and Young Scientists of the Higher School of Natural Sciences and Technologies of NarFU – 2020*. Arkhangelsk; 2020. p. 143–148. (In Russ.)
- [12] Yakovlev IA, Abramova LM. Influence of anthropogenic load on the variability of biomorphological parameters of *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub in ontogenesis. *Influence of Physical, Chemical and Environmental Factors on the Growth and Deve-*

- lopment of Plants: Materials of the 4th All-Russian Scientific Conference at MGOPI*. Moscow: MGOPI Publ.; 2007. p. 70–73. (In Russ.)
- [13] Yamskikh IYe, Zinenko MI. Bioecological features of *Anemonoides altaica* in the southern part of the Krasnoyarsk territory. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference*. Barnaul; 2008. p. 104–106. (In Russ.)
- [14] Yamskikh IYe, Kutsev MG, Uvarova OV. Polymorphism of *Anemonoides altaica* (S.A. Mey.) Holub populations in the mountains of Southern Siberia based on morphological data and ISSR-PCR analysis. *Turczaninowia*. 2011;14(1):10–18. (In Russ.)
- [15] Yamskikh IYe, Chizhikova MI. The state of cenopopulations of *Anemonoides altaica* C.A. Mey. in the southern part of the Krasnoyarsk territory. *Russian Journal of Ecology*. 2011;(4):303–308. (In Russ.)
- [16] Ilyina VN. Some results of studies of cenopopulations of *Anemone sylvestris* L. (Ranunculaceae) in the Samara Trans-Volga region. *Samarskaya Luka: Problems of Regional Global Ecology*. 2009;18(4):159–170. (In Russ.)
- [17] Yamskikh IYe, Kutsev MG. Polymorphism of *Anemone baikalensis* Turcz. populations. ex Ledeb. based on morphological data and RAF-PCR analysis. *Turczaninowia*. 2012;15(4):82–89. (In Russ.)
- [18] *Red Book of the Samara Region. Vol. I. Rare species of plants and fungi*. 2nd ed., revis. and expan. Samara; 2017. (In Russ.)
- [19] Golovlev AA. *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub in the Sokol'i and Sorochinskii mountains. *Ecology and Geography of Plants and Communities of the Middle Volga region*. Tolyatti: IEVB RAN Publ.; 2014. p. 103–107. (In Russ.)
- [20] Golovlev AA. New information on the distribution of the Altai anemic *Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub in Sokol'kie mountains. *Natural Heritage of Russia: Collection of Scientific Articles of the International Scientific Conference, Dedicated to the 100th Anniversary of the National Nature Reserve and the Year of Ecology in Russia*. Tolyatti: IEVB RAN Publ.; 2017. p. 271–272. (In Russ.)
- [21] Glotov NV. On the assessment of the parameters of the age structure of plant populations. *Life of Populations in a Heterogeneous Environment* (part 1). Yoshkar-Ola: MarGU Publ.; 1998. p. 146–149. (In Russ.)
- [22] Zhukova LA. *Population life of meadow plants*. Yoshkar-Ola: Lanar Publ.; 1995. (In Russ.)
- [23] Rabotnov TA. Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses. *Tr. BIN AN SSSR. Ser. 3. Geobotanika*. 1950;(6):7–204. (In Russ.)
- [24] Uranov AA. Age spectrum of phytocenopopulation as a function of time and energy wave processes. *Biologicheskije Nauki*. 1975;(2):7–34. (In Russ.)

Сведения об авторе:

Ильина Валентина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, кафедра биологии, экологии и методики обучения, Самарский государственный социально-педагогический университет. ORCID: 0000-0002-6692-2580, eLIBRARY SPIN-код: 8718-5109. E-mail: 5iva@mail.ru

Bio note:

Valentina N. Ilyina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Teaching Methodology, Samara State Social and Pedagogical University. ORCID: 0000-0002-6692-2580, eLIBRARY SPIN-code: 8718-5109. E-mail: 5iva@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-155-161

УДК 591.525

Научная статья / Research article

Половой диморфизм размеров тела разноцветной ящурки в юго-восточной части Нижнего Поволжья

С.С. Мишустин¹, Г.В. Польшова²

¹Главное управление обустройства войск,
Российская Федерация, 119021, Москва, Комсомольский пр-кт, д. 18, стр. 3

²Российский университет дружбы народов,
Российская Федерация, 115093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

✉ slkator@mail.ru

Аннотация. В процессе изучения популяционной структуры западного подвида разноцветной ящурки (*Eremias arguta deserti* Gmelin, 1789) в полупустынях юго-восточной части Нижнего Поволжья получен значительный объем морфометрических данных, обработка которого позволила выявить морфологические особенности исследованной популяции. Основные методы исследований: измерение длины туловища и хвоста с точностью до миллиметра, статистическая обработка данных с помощью критерия Колмогорова – Смирнова в программе STATISTICA 12. Статистический анализ показал наличие у популяции полового диморфизма по параметрам тела: длина хвоста самцов достоверно больше, чем самок. Расчет показателя статистической значимости различий между средней длиной туловища и длиной хвоста подтвердил, что у самцов и самок хвосты длиннее туловища. В то же время по параметру размера туловища половозрелые самцы и самки достоверно друг от друга не отличаются. Одновременно самки обладают определенной вариативностью морфометрических данных, что служит одним из основных показателей внутривидовой изменчивости.

Ключевые слова: разноцветная ящурка, *Eremias arguta deserti*, популяция, половой диморфизм, морфометрические данные, Нижнее Поволжье

Благодарности и финансирование. Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

История статьи: поступила в редакцию 16.12.2020; принята к публикации 10.01.2021.

Для цитирования: Мишустин С.С., Польшова Г.В. Половой диморфизм размеров тела разноцветной ящурки в юго-восточной части Нижнего Поволжья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 155–161. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-155-161>

Sexual dimorphism of the body size of a multicolored lizard in the south-eastern Lower Volga

Stanislav S. Mishustin¹  , Galina V. Polynova² 

¹Main Directorate of Armed Forces of the Russian Federation,
18 Komsomolskii Prospekt, bldg 3, Moscow, 119021, Russian Federation

²Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation

 s1kator@mail.ru

Abstract. The investigation in the population structure of the western subspecies of the multicolored lizard (*Eremias arguta deserti* Gmelin, 1789) was carried out in semi-deserts of the Lower Volga region. The purpose of the study was to find out the features of the population morphometric data. The main research methods: measuring the length of the trunk and tail with an accuracy of up to a millimeter, statistical data processing using the Kolmogorov – Smirnov test in the STATISTICA 12 program. Statistical analysis showed the presence of sexual dimorphism in the population in terms of body parameters: the length of the tail of males is significantly greater than that of females. The calculation of the statistical significance of the differences between the average length of the trunk and the length of the tail confirmed that males and females have longer tails than the trunk. Yet sexually mature males and females do not differ significantly from each other in terms of body size. At the same time, females have a certain variability of morphometric data, which serves as one of the main indicators of intra-population variability.

Keywords: multicolored lizard, *Eremias arguta deserti*, population, sexual dimorphism, morphometric data, Lower Volga region

Acknowledgements and Funding. This paper has been supported by the RUDN University Strategic Academic Leadership Program.

Article history: received 16.12.2020; revised 10.01.2021.

For citation: Mishustin SS, Polynova GV. Sexual dimorphism of the body size of a multicolored lizard in the south-eastern Lower Volga. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):155–161. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-155-161>

Введение

С момента выхода коллективной монографии «Разноцветная ящурка» [1] под редакцией Н.Н. Щербака научная литература постепенно дополняется новыми данными об этом виде. Появились материалы по распространению [2–6], термобиологии [7; 8] и генетике [9; 10]. Информация о ящурке входит и в фаунистические описания соответствующих ареалу регионов [11; 12].

В рамках изучения пространственного распределения [13] и половозрастной структуры [14] западного подвида разноцветной ящурки (*Eremias arguta deserti* Gmelin, 1789) мы собрали значительный объем морфометрических данных и решили оценить его с точки зрения полового диморфизма, что и явилось **целью нашего исследования**.

Материалы и методы

Наши наблюдения проходили вблизи поселка Досанг Красноярского района Астраханской области (N 46° 54'08.7264" E 47° 54' 52.5312"). Морфометрический материал собран в течение следующих полевых сезонов: май 2017, 2018 и 2019 гг., конец августа – начало сентября 2017 и 2018 гг.

Собранные данные – это прижизненные промеры особей одного поселения разноцветной ящурки, соответствующего уровню элементарной популяции [15] или внутривидовой группировки [16]. Общее число промеренных животных составило 141 экз. и включило 59 самцов и 82 самки. Измерение животных осуществлялось с брюшной стороны от кончика морды до переднего края клоакального отверстия (длина туловища – L.) и от переднего края клоакального отверстия до кончика хвоста (длина хвоста – L.cd.) с точностью до 1 мм. У ящериц с признаками аутопомии (12 особей) использовали только параметр длины туловища.

Чтобы избежать повторного измерения одного и того же животного, ящериц метили временной (номер на спине животного, поставленный спиртовым маркером) и постоянной метками (отрезание кончиков фаланг пальцев по классической схеме) [17].

Полученные данные обработали в программе Microsoft Office Excel. Нормальность распределения определяли с помощью критерия Колмогорова – Смирнова в программе STATISTICA 12. Оценка достоверности различий сделана на основе непараметрического критерия Краскела – Уоллиса.

Результаты и обсуждение

Половой диморфизм по разным показателям и том числе по размерам тела – широко распространенное явление у разных видов ящериц [18; 19]. Для разноцветной ящурки характерно наличие полового диморфизма в окраске и признаках фоллидоза.

Обработка полученных нами данных на нормальность распределения с помощью критерия Колмогорова – Смирнова показала, что у самцов параметры длины туловища ($K-S d = 0,12802, p > 0,2$; Lilliefors $p < 0,05$) и длины хвоста ($K-S d = 0,12672, p > 0,2$; Lilliefors $p < 0,05$) имеют ненормальное распределение. Аналогичная ситуация отмечена и у самок: по длине туловища ($K-S d = 0,11290, p > 0,2$; Lilliefors $p < 0,05$) и по длине хвоста ($K-S d = 0,11687, p > 0,2$; Lilliefors $p < 0,05$), поэтому для оценки достоверности различий отмеченных величин нами использован непараметрический критерий Краскела – Уоллиса.

Расчет средних значений размеров туловища и хвоста, самцов и самок разноцветной ящурки приведен в табл. 1.

Статистический анализ показал, что по длине туловища самцы не отличаются от самок, но имеют достоверно большую длину хвоста (табл. 2). Расчет показателя статистической значимости различий между средней длиной туловища и длиной хвоста подтвердил, что у самцов и самок хвосты длиннее туловища. Однако в популяции отмечено 9 самок, имеющих иные пропорции, что, очевидно, является показателем внутривидовой изменчивости.

Таблица 1

Длины туловища и хвоста самцов и самок разноцветной ящурки

Пол	Число особей, <i>n</i>	L.	Число особей, <i>n</i>	L.cd.
♂♂	59	61,2 ± 5,9 (45–72)	56	81,6 ± 7,5 (65–96)
♀♀	82	59,9 ± 6,0 (46–75)	73	66,4 ± 7,4 (41–85)

Table 1

Body and tail lengths of *Eremias arguta deserti* males and females

Sex	Number of specimen, <i>n</i>	L.	Number of specimen, <i>n</i>	L.cd.
♂♂	59	61,2 ± 5,9 (45–72)	56	81,6 ± 7,5 (65–96)
♀♀	82	59,9 ± 6,0 (46–75)	73	66,4 ± 7,4 (41–85)

Таблица 2

Достоверность различий параметров тела самцов и самок разноцветной ящурки

Сравниваемые значения	Число особей, <i>n</i>	Критерий Краскела – Уоллиса, <i>H</i>	Уровень статистической значимости
L.♀♀–L.♂♂	59–82	2,6	$p < 0,05$
L.cd.♀♀–L.cd.♂♂	56–73	68,5	$p < 0,00001$
♂♂ (L.–L.cd.)	56	79,2	$p < 0,00001$
♀♀ (L.–L.cd.)	82	42,2	$p < 0,00001$

Table 2

Reliability of differences in body parameters between males and females of *Eremias arguta deserti*

Values to compare	Number of specimen, <i>n</i>	Kruskal – Wallis test, <i>H</i>	Significance level
L.♀♀–L.♂♂	59–82	2.6	$p < 0.05$
L.cd.♀♀–L.cd.♂♂	56–73	68.5	$p < 0.00001$
♂♂ (L.–L.cd.)	56	79.2	$p < 0.00001$
♀♀ (L.–L.cd.)	82	42.2	$p < 0.00001$

Таким образом, показателем полового диморфизма у вида служит длина хвоста, которая у самцов в среднем больше длины хвоста самок.

Описанное соотношение параметров тела разноцветной ящурки является особенностью данной популяции. Аналогичные материалы существуют по ящерицам, живущим в Воронежской области [5]. В других частях ареала длина туловища может быть меньше хвоста (Калмыкия, Дагестан) или равна его длине – (Самарская, Саратовская, Волгоградская и Ростовская области, Краснодарский край) [4].

Заключение

Популяции западного подвида разноцветной ящурки, живущей в юго-восточной части Нижнего Поволжья, характерен половой диморфизм размеров тела, заключающийся в том, что самцы обладают достоверно более длинными хвостами, чем самки.

Длина хвостов взрослых животных статистически значимо длиннее туловища.

Морфометрические данные самок отличаются значительной вариабельностью, что служит одним из основных показателей внутрипопуляционной изменчивости.

Список литературы

- [1] Разноцветная ящурка: коллективная монография / под ред. Н.Н. Щербака. Киев: Наукова думка, 1993. 240 с.
- [2] Завьялов Е.В., Табачишин В.Г., Шляхтин Г.В. Современное распространение рептилий на севере Нижнего Поволжья // Современная герпетология. 2003. Т. 2. С. 52–67.
- [3] Табачишин В.Г., Завьялов Е.В., Табачишина Е.И. Пространственное размещение разноцветной ящурки *Eremias arguta* (Pallas, 1776) на севере ареала в Поволжье // Современная герпетология. 2006. Т. 5–6. С. 117–124.
- [4] Мельников Д.А. Распространение и географическая изменчивость разноцветной ящурки (*Eremias argute* Pallas, 1773) на юге Европейской части России // Современная герпетология. 2011. Т. 11. Вып. 3–4. С. 157–172.
- [5] Гончаров А.Г. Распространение и морфологическая изменчивость разноцветной ящурки *Eremias arguta* (Pallas, 1773) в Центральном Черноземье // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2019. № 2 (26). С. 38–47. <http://dx.doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-4>
- [6] Доронин И.В., Доронина М.А. О распространении *Eremias arguta deserti* (Gmelin, 1789) (Reptilia, Lacertidae) в Кабардино-Балкарии // Современная герпетология. 2019. Т. 19. Вып. 3–4. С. 147–152. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-3-4-147-152>
- [7] Литвинов Н.А. Температура тела и микроклиматические условия обитания рептилий Волжского бассейна // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 1. С. 62–74.
- [8] Литвинов Н.А., Четанов С.В., Ганицук С.В., Югов М.В. Терморегулирующее поведение рептилий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5 (1). С. 436–438.
- [9] Завьялов Е.В., Кайбелева Э.И., Табачишин В.Г., Иванова Ю.В. Сравнительная кариологическая характеристика разноцветной ящурки *Eremias arguta* (Pallas, 1773) из Самарского и Саратовского Заволжья // Современная герпетология. 2007. Т. 7. Вып. 1–2. С. 133–135.
- [10] Poyarkov N.A. Jr., Orlova V.F., Chirikova M.A. The mitochondrial phylogeography and intraspecific taxonomy of the Steppe Racerunner, *Eremias arguta* (Pallas) (Lacertidae: Sauria, Reptilia), reflects biogeographic patterns in Middle Asia // Zootaxa. 2014. Vol. 3895. Issue 2. Pp. 208–224. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3895.2.4>
- [11] Белик В.П. Ревизия фауны рептилий степного Придонья // Современная герпетология. 2011. Т. 1. Вып. 1–2. С. 3–27.
- [12] Котенко Т.И. Земноводные и пресмыкающиеся Крыма // Наукові записки природного заповідника «Мис Мартьян». Ялта, 2010. Вып. 1. С. 171–224.
- [13] Польшова Г.В., Мишустин С.С. Изменение пространственной структуры популяции разноцветной ящурки *Eremias arguta deserti* (Gmelin, 1789) в полупустынях Астраханской области // Принципы экологии. 2020. № 2. С. 87–96.
- [14] Польшова Г.В., Мишустин С.С., Польшова О.Е. Половозрастная структура популяции разноцветной ящурки (*Eremias arguta deserti*, Lacertidae) в полупустынях Астраханской области // Зоологический журнал. 2020. Т. 99. № 1. С. 98–103.
- [15] Наумов Н.П. Экология животных. М.: Высшая школа, 1963. 618 с.
- [16] Шилов И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. М.: Московский университет, 1977. 261 с.

- [17] Tinkle D.W., Woodward D.W. Relative movements of lizards in natural populations as determined from receptive radii // *Ecology*. 1967. Vol. 48. No. 1. Pp. 166–168.
- [18] Даревский И.С. Скальные ящерицы Кавказа. Ленинград: Наука. 1967. 235 с.
- [19] Симонов Е.П. Анализ полового диморфизма в популяциях прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) из разных природных зон юго-западной Сибири // *Советская герпетология*. 2008. Т. 8. Вып. 1. С. 39–49.

References

- [1] Shherbak NN. (ed.) *Multicolored lizard*. Kiev: Naukova dumka Publ.; 1993. (In Russ.)
- [2] Zavyalov EV, Tabachishin VG, Shlyaxtin GV. Recent distribution habitat of reptiles in the north of low Volga region. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2003;2:52–67. (In Russ.)
- [3] Tabachishin VG, Zavyalov EV, Tabachishina EI. Spatial distribution of *Eremias arguta* (Pallas, 1773) in north of its Volga habitat. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2006;5–6: 117–124. (In Russ.)
- [4] Melnikov DA. Distribution and geographic variability of steppe-runner *Eremias arguta* (Pallas, 1773) in the South-European part of Russia. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2011;11(3–4):157–172. (In Russ.)
- [5] Goncharov AG. Distribution and morphological variability of the steppe-runner *Eremias arguta* (Pallas, 1773) in the Central Black-Earth region. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Povolzhskii Region. Estestvennyye Nauki*. 2019;2(26):38–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2019-2-4>
- [6] Doronin IV, Doronina MA. On the distribution of *Eremias arguta deserti* (Gmelin, 1789) (Reptilia, Lacertidae) in Kabardino-Balkaria. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2019; 19(3–4):147–152. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-3-4-147-152>
- [7] Litvinov NA. The body temperature and microclimatic conditions of habitat for reptiles in the Volga river basin. *Zoologicheskij Zhurnal*. 2008;87(1):62–74. (In Russ.)
- [8] Litvinov NA, Chetanov SV, Ganshhuk SV, Yugov MV. Thermoregulation's behavior of reptiles. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Centra Rossijskoj Akademii Nauk*. 2014; 16(5(1)):436–438. (In Russ.)
- [9] Zavyalov EV, Kajbeleva EI, Tabachishin VG, Ivanova YuV. A comparative karyological characteristics of steppe runner *Eremias arguta* (Pallas, 1773) from the Samara and Saratov trans-Volga regions. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2007;7(1–2):133–135. (In Russ.)
- [10] Poyarkov NA Jr., Orlova VF, Chirikova MA. The mitochondrial phylogeography and intraspecific taxonomy of the Steppe Racerunner, *Eremias arguta* (Pallas) (Lacertidae: Sauria, Reptilia), reflects biogeographic patterns in Middle Asia. *Zootaxa*. 2014;3895(2): 208–224. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3895.2.4>
- [11] Belik VP. Reptile fauna revision of the steppe part of the Don river basin. *Sovremennaya Gerpetologiya*. 2011;1(1–2):3–27. (In Russ.)
- [12] Kotenko TI Amphibians and reptiles of the Crimea. *Naukovi Zapiski Prirodnogo Zapovidnika "Mis Martyan"*. 2010;(1):171–224. (In Russ.)
- [13] Polynova GV, Mishustin SS. Changes in the spatial structure of the *Eremias arguta deserti* population in semi-deserts of the Astrakhan region. *Principy Ekologii*. 2020;(2): 87–96. (In Russ.)
- [14] Polynova GV, Mishustin SS, Polynova OE. Sex-age population structure of the multi-colored lizard (*Eremias arguta deserti*, Lacertidae) in semi-deserts of the Astrakhan region. *Zoologicheskij Zhurnal*. 2020;99(1):98–103. (In Russ.)
- [15] Naumov NP. *Animal ecology*. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1963. (In Russ.)
- [16] Shilov IA. Ecological and physiological bases of population relations in animals. Moscow: Moskovskij universitet Publ.; 1977. (In Russ.)
- [17] Tinkle DW, Woodward DW. Relative movements of lizards in natural populations as determined from receptive radii. *Ecology*. 1967;48(1):166–168.

- [18] Darevskij IS. *Rock lizards of the Caucasus*. Leningrad: Nauka Publ.; 1967. (In Russ.)
[19] Simonov EP. Sexual dimorphism analysis of *Lacerta agilis* populations in different native zones of West Siberia. *Sovetskaya Gerpitologiya*. 2008;8(1):39–49. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Мишустин Станислав Сергеевич, инженер по охране окружающей среды, Главное управление обустройства войск. ORCID: 0000-0002-5812-6592, eLIBRARY SPIN-код: 7425-8363. E-mail: slkator@mail.ru

Польнова Галина Вячеславовна, кандидат биологических наук, доцент, департамент рационального природопользования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. ORCID: 0000-0003-0217-5771, eLIBRARY SPIN-код: 5257-1556, Scopus Author ID 55948416400. E-mail: polynova-gv@rudn.ru

Bio notes:

Stanislav S. Mishustin, engineer for environmental protection, Main Directorate of Armed Forces of the Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5812-6592, eLIBRARY SPIN-code: 7425-8363. E-mail: slkator@mail.ru

Galina V. Polynova, PhD of Biological Science, Associate Professor, Department of Environmental Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). ORCID: 0000-0003-0217-5771, eLIBRARY SPIN-code: 5257-1556, Scopus Author ID 55948416400. E-mail: polynova-gv@rudn.ru

ГЕОЭКОЛОГИЯ GEOECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-162-173

УДК 556.5.04:556.114

Научная статья / Research article

Исследование роли природных и антропогенных факторов в формировании качества воды малых рек на примере р. Велетьмы Нижегородской области

М.В. Смирнова  , А.И. Батанина

*Волжский государственный университет водного транспорта,
Российская Федерация, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, д. 5*

 igoninam@yandex.ru

Аннотация. Малые реки Центральной России зачастую испытывают высокую антропогенную нагрузку, при этом их изученность и меры, принимаемые для их сохранения, несравнимо скромнее, чем для крупных водных артерий. В исследовании на примере р. Велетьмы Нижегородской области рассмотрены факторы, влияющие на формирование качества вод малой реки. Дана эколого-географическая характеристика р. Велетьмы. Показано, что действующая методика оценки качества вод крупных рек по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды не позволяет определить, какой вклад в ухудшение качества воды вносит антропогенная нагрузка, а какой – природные факторы. Выполнены исследования ряда физико-химических характеристик вод р. Велетьмы, которые показали, что на коротком участке реки, составляющем менее 400 м, происходят значительные изменения физико-химического состава воды, по некоторым показателям достигающие 45–95 %. Столь значительные изменения связаны, с одной стороны, с влиянием очистных сооружений г. Навашино, а с другой стороны, с особым расположением оз. Зеленого на пути реки. На спутниковых снимках зоны впадения Велетьмы в озеро зафиксирован плюм. Выдвинуто предположение о протекании в озере процессов, характерных для впадения крупных и средних рек в моря и озера, называемых маргинальным фильтром, при котором происходит задержание не только взвешенных, но и растворенных примесей, что подтверждается лабораторными исследованиями.

Ключевые слова: Велетьма, малые реки, качество воды, физико-химические показатели воды, плюм

Благодарности и финансирование. Работа выполнена при поддержке Научно-образовательного центра Нижегородской области «Техноплатформа 2035» в рамках договора № 16-11-2021/54 от 16.11.2021 г., а также при грантовой поддержке Русского географического общества в рамках договора № 07/2020-Р от 29.07.2020 г.

История статьи: поступила в редакцию 22.12.2020; принята к публикации 10.01.2021.

© Смирнова М.В., Батанина А.И., 2021



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

Для цитирования: Смирнова М.В., Батанина А.И. Исследование роли природных и антропогенных факторов в формировании качества воды малых рек на примере р. Велетьмы Нижегородской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 162–173. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-162-173>

Study of the role of natural and anthropogenic factors in the formation of water quality in small rivers on the example of the Veletma river in the Nizhny Novgorod region

Maria V. Smirnova  , **Anastasia I. Batanina**

*Volga State University of Water Transport,
5 Nesterova St, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation*

 igoninam@yandex.ru

Abstract. Small rivers of Central Russia often experience a high anthropogenic pressure, and at the same time their study and measures taken to preserve them are incomparably more modest than for large rivers. On the example of the Veletma river in the Nizhny Novgorod region, the factors affecting the formation of the water quality of the small river are considered. The ecological and geographical characteristics of the Veletma river are given. It is shown that the current methodology for assessing the water quality of large rivers by the Specific Combinatorial Water Pollution Index does not allow to determine what is the contribution of anthropogenic pressure to the deterioration of water quality, and what is the contribution of natural factors. Studies of a number of physical and chemical characteristics of the waters of the Veletma river have shown that on a short section of the river, which is less than 400 m, there are significant changes in the physical and chemical composition of water, reaching 45–95%. Such significant changes are associated on the one hand with the influence of the treatment facilities of the city of Navashino, and on the other hand, with the special location of the lake Zelenoe in the path of the river. Satellite images of the Veletma's confluence with the lake Zelenoe show the plume. It is suggested that the lake is characterized by the same processes that take place in the confluence of large and medium-sized rivers into the seas and lakes, called marginal filter, in which not only suspended but also dissolved impurities are retained. This fact is confirmed by laboratory studies.

Keywords: small rivers, the Veletma river, water quality, physical and chemical characteristics of water, plume

Acknowledgements and Funding. The work was carried out with the support of the Scientific and Educational Center of the Nizhny Novgorod region “Technoplatform 2035” under the agreement No. 16-11-2021/54 dated 11/16/2021, as well as with the grant support of the Russian Geographical Society under the agreement No. 07/2020-R dated 07/29/2020.

Article history: received 22.12.2020; revised 10.01.2021.

For citation: Smirnova MV, Batanina AI. Study of the role of natural and anthropogenic factors in the formation of water quality in small rivers on the example of the Veletma river in the Nizhny Novgorod region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021; 29(2):162–173. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-162-173>

Введение

Малые реки Нижегородской области до сих пор остаются малоизученными, несмотря на то что длительное время используются местным населением для различных целей. Многие исследователи поддерживают мнение о

том, что гидроэкологические изменения в крупных реках являются следствием изменений малых рек, питающих крупные водотоки [1–3]. Существуют данные о том, что вклад малых равнинных рек в загрязнение биогенными элементами – азотом и фосфором – крупных водных артерий может составлять от 40 до 90 % за счет диффузного загрязнения, поступающего с площади водосбора малых рек [4]. Поэтому экологическое состояние р. Велетьмы, расположенной в условиях сравнительно высокой плотности населения (32,5 чел./км²) и являющейся правым притоком еще более густонаселенной р. Оки, является важным фактором благополучия значительной части населения юго-запада Нижегородской области. Однако, в отличие от хорошо изученных крупных рек, данные об экологическом состоянии р. Велетьмы и тем более о динамике этого состояния крайне скудны и обрывочны.

Целью исследования стала попытка систематизировать существующие данные об экологическом состоянии р. Велетьмы, а также провести физико-химические исследования воды в реке в районе г. Навашино и оценить вклад природных и антропогенных факторов в формирование качества ее вод.

Характеристика района исследований и состояние изученности

Река Велетьма протекает в юго-западной части Нижегородской области. По данным государственного водного реестра России, она относится к Окскому бассейновому округу, водохозяйственный участок реки – р. Ока от впадения р. Мокша до впадения р. Тёша. Длина реки – 99 км, площадь водосборного бассейна – 685 км². Устье реки находится на 206 км р. Оки по правому берегу. Исток реки находится южнее с. Чупалейка, в 28 км к юго-востоку от г. Выксы. Генеральное направление течения – северо-запад. Река имеет два притока: левый, на 44 км – р. Ильмис протяженностью 12 км и правый, на 60 км – р. Толкава протяженностью 21 км. По данным [5], Велетьма имеет также 44 притока длиной менее 10 км и общей длиной 86 км. На водосборе р. Велетьмы расположены 29 озер общей площадью зеркала 5,20 км².

Питание реки, как и у большинства рек возвышенного Нижегородского Правобережья Волги, главным образом родниковое. Весной в результате быстрого сбора талых снеговых вод по оврагам и склонам вода из реки быстро уходит, поэтому для Велетьмы характерен значительный перепад уровней воды между весенним половодьем и летней меженью. По берегам – леса, пойма местами заболочена. Дно реки состоит из глины и нанесенного песка, в некоторых местах дно илистое. Велетьма в своем верхнем течении протекает по суглинистым дерново-подзолистым и болотным почвам, а в среднем и нижнем течениях в основном по супесчаным дерново-подзолистым почвам [6]. В нижнем течении Велетьма входит в обширную Приокскую пойму, где на реке стоят г. Навашино и с. Большое Окулово. Впадает в старицу р. Оки ниже г. Мурома (рис. 1). Крупные населенные пункты по берегам р. Велетьмы: с. Чупалейка, пгт Велетьма и рыбхоз Велетьма, с. Саваслейка и расположенная к юго-западу от села авиабаза, с. Большое Окулово, г. Навашино и с. Малое Окулово.

В районе г. Навашино р. Велетьма впадает в оз. Зеленое с востока, а затем вытекает из него на западе. Само озеро имеет пойменно-тыловое происхождение и занимает площадь примерно 20 000 м². Летом у поверхности озера

наблюдаются сине-зеленые водоросли, которые вызывают цветение водоема. По утверждениям местных жителей, именно по этой причине озеро получило название «Зеленое». Этот факт может свидетельствовать о высокой вероятности привнесения в озеро большого количества биогенных веществ, источником которых могут быть хозяйственно-бытовые стоки или сельское хозяйство.

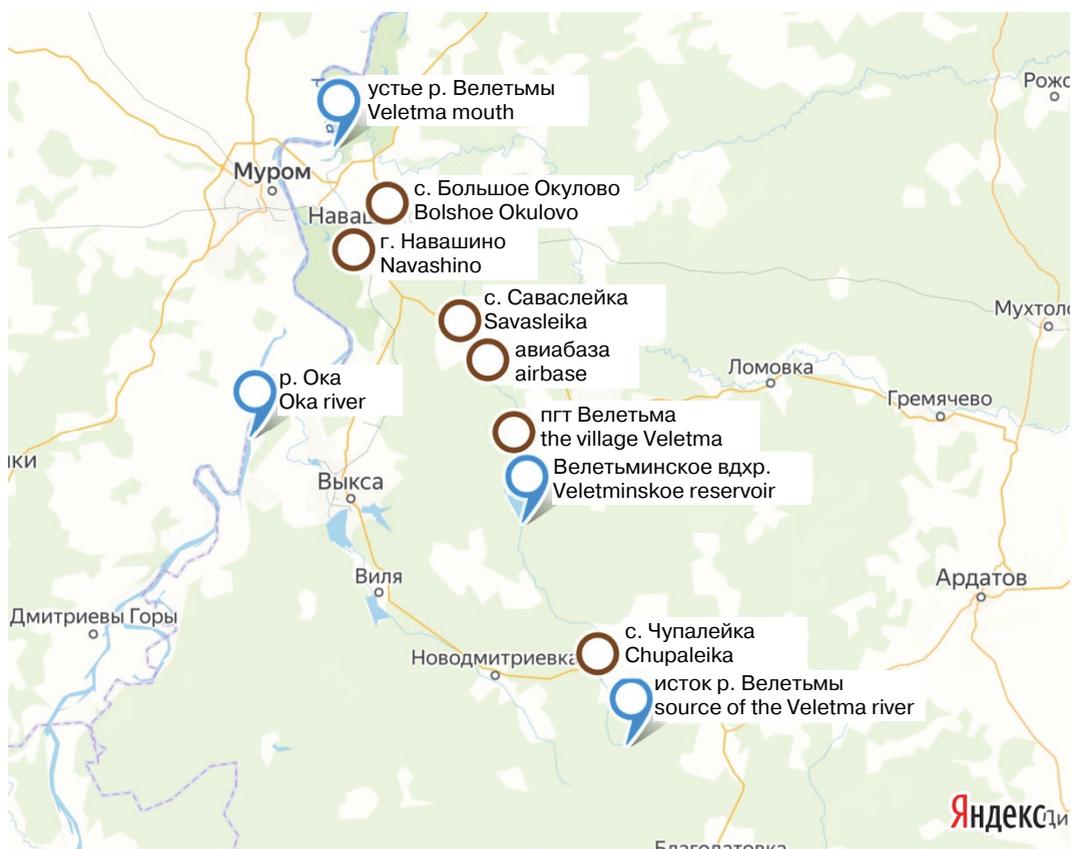


Рис. 1. Географическое положение р. Велетьмы
Figure 1. Geographical position of the Veletma river

Действительно, на берегу оз. Зеленого расположены биологические очистные сооружения (БОС) г. Навашино ООО «Водоканал». Проектная производительность очистных сооружений – 8,8 тыс. м³ в сутки, фактическая – 1,8 тыс. м³ в сутки (по данным на 2016 г.). Объем пропущенной воды через очистные сооружения в 2018 г. составил 713,39 тыс. м³, а в 2019 – 609,66 тыс. м³. Выпуск очищенных сточных вод БОС производится непосредственно в озеро. Общие сведения о глубине очистки и качестве сбрасываемых из БОС очищенных сточных вод приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, не все показатели после очистки достигают нормативных значений¹, в частности БПК₅ (норма 2,1 мг/дм³), СПАВ (норма

¹ Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 (ред. от 10.03.2020 г.) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов

0,1 мг/дм³), азот аммонийный (0,4 мг/дм³). Но и другие показатели значительно превышают содержание таковых в реках Нижегородской области, например фосфаты, которые являются главным фактором развития синезеленых водорослей².

Таблица

Данные о качестве очистки сточных вод на БОС г. Навашино

Наименование загрязнений	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	174	15
Взвешенные вещества	194	15
Водородный показатель pH, ед.	6,5–8,5	6,5–8,5
Нефтепродукты	1,2	0,025
Хлориды	17	16,5
Сульфаты	20	1,32
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	4	4
Железо	0,12	0,003
Медь	0,002	0,002
Цинк	0,05	0,05
Азот аммонийный	19	10
Фосфаты	1,73	1,2

Table

Data on the quality of wastewater treatment at the treatment facilities of the city of Navashino

Parameter	Before treatment, mg/dm ³	After treatment, mg/dm ³
Biochemical oxygen demand (BOD5)	174	15
Suspended solids	194	15
pH level	6.5–8.5	6.5–8.5
Oil products	1.2	0.025
Chlorides	17	16.5
Sulphates	20	1.32
Synthetic surface active substances (surfactants)	4	4
Ferric iron	0.12	0.003
Cuprum	0.002	0.002
Zinc	0.05	0.05
Ammonium nitrate	19	10
Phosphates	1.73	1.2

Одной из актуальных проблем р. Велетьмы является уменьшение ее водности: по наблюдениям жителей с. Большое Окулово, средние глубины ее в этом районе за последние 10 лет уменьшились примерно на 70 см, а дно реки заилилось. В [2] подтверждено сокращение протяженности рус-

рыбохозяйственного значения» (зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 г. № 45203. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?searchres=&bpas=cd00000&intelsearch=%CF%F0%E8%EA%E0%E7+%CC%E8%ED%F1%E5%EB%FC%F5%EE%E7%E0+%D0%EE%F1%F1%E8%E8+%EE%F2+13.12.2016+%E3.+%E2%84%96+552&sort=-1> (дата обращения: 10.12.2020).

² Государственный доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области» // Ежегодник / Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области, 2011–2018 гг. URL: <https://ecology.government-nnov.ru/activity/1604/> (дата обращения: 10.12.2020).

ловой сети элементарных водотоков в водосборном бассейне р. Велетьмы, напрямую связанной с водностью реки. Одной из выявленных причин этого процесса является сокращение лесистости на территории ее водосборного бассейна. К сожалению, данные о годовом стоке р. Велетьмы или о ее водности отсутствуют [7]. В то же время, по данным [8], правобережные притоки нижнего течения Оки характеризуются значениями модуля стока 4–5 л/(с·км²). Тогда, по грубым оценкам, годовой сток р. Велетьмы может составлять от 86 747 до 108 093 тыс. м³.

Материалы и методы

Для исследования влияния таких факторов, как разбавление речной воды в озере и влияние очистных сооружений на гидроэкологические показатели р. Велетьмы, осенью 2020 г. был выполнен отбор проб в двух створах: выше впадения реки в оз. Зеленое и ниже сбросной трубы БОС г. Навашино (рис. 2).



Рис. 2. Расположение створов отбора проб и выпуска очищенных сточных вод БОС г. Навашино (схема создана на основе сервиса «Яндекс. карты»)

Figure 2. Location of the sampling points and the release of treated wastewater from the Navashino treatment facilities (the scheme was created on the basis of the Yandex.maps)

Пробы исследовались в лаборатории «Экология» ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта». Перечень анализируемых характеристик включал в себя цветность, прозрачность, водородный показатель рН, солесодержание, мутность, общее железо, жесткость и содержание легкоокисляемой органики по величине биохимического потребления кислорода (БПК₅). Цветность определялась по хром-кобальтовой шкале, прозрачность – по методу «шрифта», концентрация растворенного кислорода на нулевой и пятый день инкубации проб на показатель БПК₅ измерялись с помощью кислородомера «МАРК-302Э». Измерение общего солесодержания про-

изводилось на кондуктометре «Анион-4120», водородного показателя – с помощью рН-метра «МАРК-901». Фотометрическое измерение мутности производилось на приборе «Эксперт-001», измерение концентрации железа проводилось сульфосалициловой кислотой с фотометрическим окончанием, а жесткости воды – титриметрическим методом.

Обсуждение результатов

Как показал обзор литературных источников, данные об экологическом состоянии р. Велетьмы и ее физико-химическом составе крайне скудные. Единственные официальные сведения о качестве воды в реке содержатся в ежегодном докладе о состоянии окружающей среды в Нижегородской области, составляемом Верхне-Волжским УГМС³. По данным этого доклада, измерения на р. Велетьма проводятся в двух створах, расположенных выше и ниже г. Навашино. По результатам измерений в этих створах, качество вод р. Велетьма в период с 2011 по 2018 г. постепенно ухудшалось с разряда «А» класса 3 «загрязненные» до разряда «А» класса 4 «грязные». Однако такая унифицированная оценка не позволяет определить, какой вклад в ухудшение качества воды в реке вносит антропогенная нагрузка, а какой – природные факторы. В частности, повышенные концентрации железа в водах р. Велетьмы могут носить природный характер. Аналогичный вывод был получен в [9] при сравнительном анализе экологического состояния р. Кудьмы и Линды Нижегородской области.

По результатам анализов проб воды построена восьмилепестковая диаграмма, характеризующая следующие показатели: БПК₅, железо общее, жесткость, прозрачность, цветность, рН, общее солесодержание и мутность в верхнем и нижнем створах (рис. 3).

Изменение БПК₅ между верхним и нижним створами оказалось весьма значительным и составило 95 % – с 2,19 до 4,28 мгО₂/л. Это говорит о том, что в воде нижнего створа после выпуска очищенных сточных вод высокое содержание органических веществ, хотя все же не такое высокое, как в неочищенной сточной воде (см. таблицу). Результаты наблюдений Верхне-Волжского УГМС подтверждают факт периодического повышения показателя БПК₅ в створе после выпуска БОС⁴.

Повышенное содержание железа в природных водах Навашинского района типично для многих подземных и поверхностных источников средней полосы России [10]. В нижнем створе концентрация железа снизилась на 30 % по сравнению с верхним – с 1 до 0,7 мг/дм³, что все еще недостаточно для нужд как питьевого (0,3 мг/дм³), так и рыбохозяйственного (0,1 мг/дм³) водопользования. Такое снижение может быть связано с тем, что в нижнем створе происходит разбавление очищенными от железа сточными водами (очистка БОС составляет до 0,003 мг/дм³).

³ Государственный доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области» // Ежегодник / Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области, 2011–2018 гг. URL: <https://ecology.government-nnov.ru/activity/1604/> (дата обращения: 10.12.2020).

⁴ Там же.

Жесткость после сброса сточных вод увеличилась, но незначительно, в пределах погрешности измерений. В целом вода мягкая, содержание солей жесткости в ней менее 3 мг-экв/дм³. Отсутствие изменений по этому показателю может объясняться тем, что на очистных сооружениях не происходит очистки от солей жесткости.

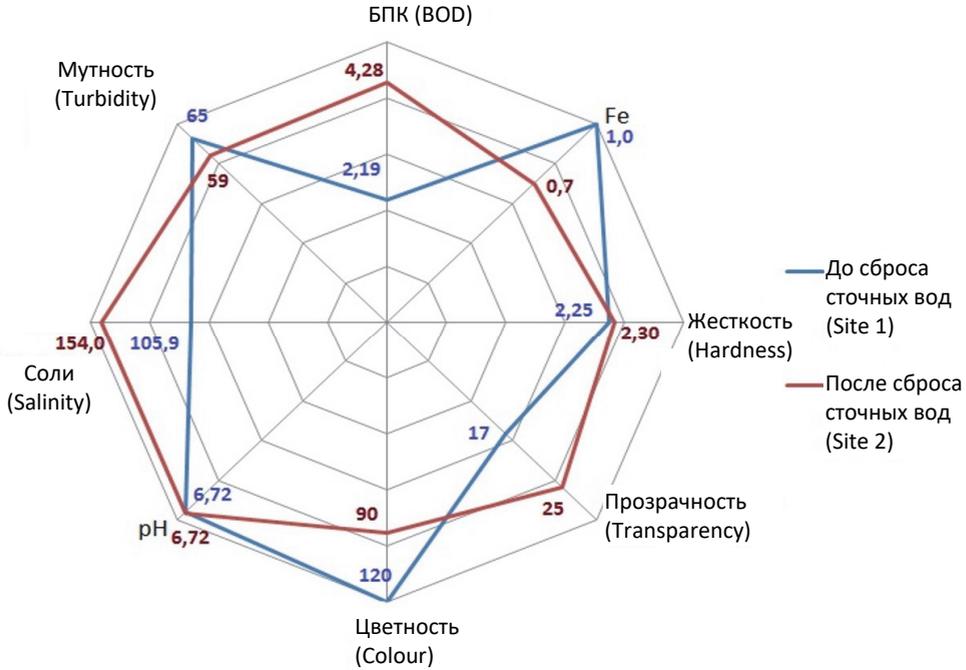


Рис. 3. Результаты измерений показателей качества воды в верхнем и нижнем створах
Figure 3. Results of water quality measurements in the upper and lower sections



Рис. 4. Область выноса Велетьмой взвеси в оз. Зеленое (на основе сервиса «Яндекс.карты»)
Figure 4. The area of removal and deposition of suspended substances from the Veletma river to the lake Zelenoe (based on the Yandex.maps)

Прозрачность по методу «шрифта» в нижнем створе увеличилась на 47 % – с 17 до 25 см. Это может быть связано с замедлением движения воды при впадении р. Велетьмы в оз. Зеленое, где речной поток успокаивается и взвеси начинают оседать на дно. Этот факт подтверждается спутниковыми снимками озера, на которых виден характерный плюм, в котором происходит активное осаждение взвесей, принесенных рекой (рис. 4). Известно, что подобные приустьевые зоны смешения крупных рек и озерных или морских вод играют роль так называемого маргинального фильтра [11; 12], который удерживает до 90–95 % взвешенных и до 20–40 % растворенных веществ, поступающих в озеро или море с речным стоком.

Цветность в нижнем створе уменьшилась на 25 % по сравнению с верхним – с 120 до 90° цветности. С одной стороны, это может быть связано с разбавлением воды очищенными сточными водами. Но их годовой расход не превышает 1 % от годового стока р. Велетьмы. С другой стороны, в своем нижнем течении, после с. Большое Окулово, Велетьма протекает по супесчаным дерново-подзолистым почвам, которые не придают воде большой цветности, в то время как в верхнем и среднем течениях река насыщается гуминовыми кислотами от дерново-подзолистых и особенно болотных почв. Кроме того, можно предположить, что озеро играет роль «маргинального фильтра» для р. Велетьмы, тогда снижение цветности воды на 25 % хорошо согласуется с оценками [11] о количестве осаждаемых им растворенных веществ, поступающих из реки.

Водородный показатель рН как в верхнем, так и в нижнем створах составил 6,72 единиц, что говорит о слабокислой среде, но все же не выходящей за допустимые пределы (6,5–8,5). Кислотность воды так же, как и цветность, связана со свойствами почв, по которым она протекает. Неизменность значений рН в верхнем и нижнем створах говорит об отсутствии влияния на этот показатель как оз. Зеленого, так и очищенных сточных вод БОС.

Интересен тот факт, что солесодержание после сброса сточных вод увеличилось на 45 % – с 105,9 до 154,0 мг/дм³. Вероятнее всего, соли привносятся в реку со сбросом очистных сооружений. Действительно, по данным таблицы, БОС не удаляют из сточной воды соли, при этом степень минерализации городских сточных вод может колебаться от 400 до 800 мг/дм³, а во многих производственных сточных водах даже достигать 1000–3000 мг/дм³ [13]. Несмотря на то что норматива по предельному содержанию солей в сбрасываемых водах не существует, столь резкое увеличение солесодержания может угнетать жизнедеятельность гидробионтов.

Мутность в нижнем створе снизилась на 9 % по сравнению с верхним створом – с 65 до 59 мг/дм³. Это, аналогично улучшению прозрачности, может быть связано как со сбросом очистными сооружениями менее мутных вод (по данным таблицы, мутность после очистки составляет всего 15 мг/дм³), так и с осаждением взвешенных веществ в оз. Зеленом за счет успокоения течения в нем.

Заключение

Как показал обзор литературных источников, данные об экологическом состоянии р. Велетьма и ее физико-химическом составе крайне скудные. Единственные официальные сведения о качестве воды в реке содержатся в ежегодном докладе о состоянии окружающей среды в Нижегородской области, составляемом Верхне-Волжским УГМС. Согласно ему, измерения на р. Велетьма проводятся в двух створах – выше и ниже г. Навашино, и по результатам этих измерений воды р. Велетьмы в последние годы относились к «грязным», класс 4А, причем качество вод ухудшалось. Тем не менее такая унифицированная оценка не позволяет определить, какой вклад в ухудшение качества воды в реке вносит антропогенная нагрузка, а какой – природные факторы. В частности, повышенное содержание в воде железа и повышенные цветность и мутность воды в данном случае носят природный характер и не отражают степень антропогенного влияния на водоток.

В процессе исследования проб воды, взятых на р. Велетьме выше оз. Зеленого и ниже очистных сооружений г. Навашино, установлено влияние на качество речной воды как самого озера, так и очистных сооружений. На коротком участке реки, составляющем менее 400 м, происходят значительные изменения физико-химического состава воды, которые по некоторым показателям достигают 45–95 %. Благодаря особому относительному расположению, оз. Зеленое и очистные сооружения г. Навашино делят р. Велетьму на два различных по своим характеристикам потока. Присутствие озера на пути велетьминского водотока формирует благоприятные условия для осаждения взвешенных веществ, что подтверждается спутниковыми снимками. На основании наблюдаемого на снимках характерного речного плюма и по данным о снижении показателей содержания растворенных и коллоидных веществ в реке до и после озера, выдвинуто предположение о действии так называемого маргинального фильтра в зоне впадения Велетьмы в оз. Зеленое. Поэтому благодаря озеру, кроме осаждения взвесей, в этой зоне может происходить задержание 20–40 % растворенных веществ, приносимых рекой [11]. Так, в отобранных пробах наблюдалось снижение цветности воды на 25 %, а железа – на 30 %.

Негативное влияние очистных сооружений г. Навашино проявляется в повышении минерализации воды на 45 % и увеличении содержания органических веществ по величине БПК₅ на 95 %.

Таким образом, на примере описанного участка малой реки показан уровень антропогенного загрязнения малых рек, протекающих в сельской местности Центрального Поволжья, а также факторы, позволяющие сохранить уникальную способность малых водотоков к самоочищению.

Список литературы

- [1] *Ткачев Б.П., Булатов В.И.* Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2002. 114 с.
- [2] *Асташин А.Е., Соткина С.А., Бадьин М.М., Рыжов Е.В., Самойлов А.В.* Динамика развития сети элементарных водотоков севера лесостепной зоны Нижегородской области (на примере водосборного бассейна р. Сундовик) в период 1984–2016 гг. //

- Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2016. № 48. С. 15–24.
- [3] Смирнова (Игонина) М.В., Чебан Е.Ю., Володченко Е.В., Бердникова Е.Ю., Солина Е.С. Гидроэкологические исследования участков Горьковского и Чебоксарского водохранилищ с притоками в летний период 2017 года // Вестник ВГАВТ. 2017. Вып. 4 (53). С. 98–108.
- [4] Ясинский С.В., Веницианов Е.В., Вишневецкая И.А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 232–244.
- [5] Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 10. Верхне-Волжский район / под ред. В.П. Шабан. Ленинград: Гидрометиздат, 1966. 528 с.
- [6] Асташин А.Е., Бадьин М.М., Самойлов А.В., Рыжов Е.В., Власов А.В., Фомина А.И. Ландшафтная дифференциация территории водосборного бассейна р. Велетьма Нижегородской области // Естественные и технические науки. 2019. № 1. С. 90–95.
- [7] Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги: научно-прикладной справочник / под ред. В.Ю. Георгиевского. Ливны: Изд. Мухаметов Г.В.; ГГИ, 2015. 129 с.
- [8] Джамалов Р.Г., Мяжкова К.Г., Никаноров А.М., Решетняк О.С., Сафронова Т.И., Трофимчук М.М. Гидрохимический сток рек бассейна Оки // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 4 (72). С. 26–39. <http://dx.doi.org/10.23968/2305-3488.2017.22.4.26-39>
- [9] Терешина М.А., Соколов Д.И., Ерина О.Н., Вилимович Е.А. Природный фон или антропогенные загрязнения: формирование качества воды рек Линды и Кудьмы // Проблемы экологии Волжского бассейна: труды 4-й Всероссийской научной конференции. Н. Новгород: ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. С. 28.
- [10] Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка обеспечения питьевой водой населения Российской Федерации и меры по ее улучшению // Гигиена и санитария. 2009. № 2. С. 4–12.
- [11] Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Вып. 34. С. 735–747.
- [12] Потемкина Т.Г. Устья рек Байкала // Природа. 2014. № 12. С. 13–21.
- [13] Очистка производственных сточных вод / сост. С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. М.: Стройиздат, 1985. 336 с.

References

- [1] Tkachev BP, Bulatov VI. *Small rivers: state-of-the act and ecological problems: analytical review*. Novosibirsk: SPSTL SB RAS; 2002.
- [2] Astashin AE, Sotkina SA, Badin MM, Ryzhov EV, Samoilov AV. Dynamics of development of network of elementary water currents of the North of the forest-steppe zone of the Nizhny Novgorod region (on the example of the catchment basin of the river Sundovik) during 1984–2016. *Bulletin of VSAWT*. 2016;(48):15–24.
- [3] Smirnova (Igonina) MV, Cheban EYu, Volodchenko EV, Berdnikova EYu, Solina ES. Hydro-ecological research of the Gorky and Cheboksary reservoirs sites and their tributaries in summer of 2017. *Bulletin of VSAWT*. 2017;4(53):98–108.
- [4] Yasinskii SV, Venitsianov EV, Vishnevskaya IA. Diffuse pollution of water bodies and estimation of export of biogenic elements under different scenarios of water use in the watershed. *Water Resources*. 2019;46(2):232–244.
- [5] Shaban VP. (ed.) *Surface water resources of the USSR. Hydrological study. Vol. 10. Verkhne-Volzhsky district*. Leningrad: Gidrometizdat Publ.; 1966.
- [6] Astashin AE, Badin MM, Samoilov AV, Ryzhov EV, Vlasov AV, Fomina AI. Landscape structure of the territory of the Veletma watershed of the Nizhny Novgorod region. *Natural and Technical Sciences Journal*. 2019;(1):90–95.

- [7] Georgievskii VYu. (ed). *Scientific and applied reference: the main hydrological characteristics river basins of the Upper Volga River*. Livny: State Hydrology Institute, Mukhametov G.V. Publishing; 2015.
- [8] Dzhamalov RG, Myagkova KG, Nikanorov AM, Reshetnyak OS, Safronova TI, Trofimchuk MM. Hydrochemical runoff of the Oka basin's rivers. *Water and Ecology*. 2017;4(72):26–39. <http://dx.doi.org/10.23968/2305–3488.2017.22.4.26–39>
- [9] Tereshina MA, Sokolov DI, Erina ON, Vilimovich EA. Natural background or human impact: water quality of the Linda and Kudma rivers. *Problems of Ecology of the Volga Basin: Proceedings of the 4th All-Russian Scientific Conference*. Nizhniy Novgorod: VSUWT; 2019. p. 28.
- [10] Onishchenko GG. Hygienic evaluation of the population of the Russian Federation with drinking water and measures for its improvements. *Hygiene and Sanitation*. 2009;(2):4–12.
- [11] Lisitsyn AP. A marginal filter of the oceans. *Oceanology*. 1994;(34):735–747.
- [12] Potemkina TG. Baikal rivers estuaries. *Priroda*. 2014;(12):13–21.
- [13] Yakovlev SV, Karelin YaA, Laskov YuM, Voronov YuV. (eds.) *Industrial wastewater treatment*. Moscow: Stroiizdat Publ.; 1985.

Сведения об авторах:

Смирнова Мария Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта. ORCID: 0000-0002-3483-5482, eLIBRARY SPIN-код: 6961-2470, eLIBRARY AuthorID: 641567. E-mail: igoninam@yandex.ru

Батанина Анастасия Игоревна, студент 3-го курса направления подготовки «Техносферная безопасность», Волжский государственный университет водного транспорта. E-mail: nbatashka@gmail.com

Bio notes:

Maria V. Smirnova, Cand. Tech. Sci., Associate Professor of the Department of Hydrodynamics, Theory of the Ship and Environmental Safety of Vessels, Volga State University of Water Transport. ORCID: 0000-0002-3483-5482, eLIBRARY SPIN-code: 6961-2470, eLIBRARY AuthorID: 641567. E-mail: igoninam@yandex.ru

Anastasia I. Batanina, 3rd year student of the “Technosphere Safety” course, Volga State University of Water Transport. E-mail: nbatashka@gmail.com

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ INDUSTRIAL ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-174-181

УДК 628.3.477.8

Научная статья / Research article

Очистка сточных вод промышленных предприятий от фенолов модифицированным отходом энергетики

Л.А. Николаева✉, Н.Е. Айкенова, А.В. Демин

*Казанский государственный энергетический университет,
Российская Федерация, 420066, Казань, ул. Красносельская, д. 51*

✉ larisanik16@mail.ru

Аннотация. С развитием техники и технологий все большее влияние на окружающую среду оказывают промышленные предприятия. Одной из проблем современности является загрязнение водоемов промышленными токсичными отходами. Инновационными в области охраны окружающей среды являются методы использования недорогих адсорбентов для очистки сточных вод, где факторы стоимости играют главную роль. В течение достаточно долгого времени актуальной задачей выступает разработка недорогих адсорбентов, которые могут стать альтернативой существующим на объектах очистки сточных вод. Недорогие адсорбенты можно получить из широкого спектра сырья, обильного и дешевого за счет высокой сорбционной способности. Рассмотрена возможность очистки от фенолов промышленных сточных вод производств нефтепереработки на примере ТОО «Актобе нефтепереработка». При очистке промышленных сточных вод широко применяется метод адсорбционной очистки, позволяющий произвести очистку от загрязнителей до ПДК (предельно-допустимых концентраций) и являющийся экономически эффективным при внедрении. Экономическая эффективность обусловлена использованием промышленных отходов в качестве адсорбционных материалов, показывающих высокую эффективность очистки и решающих вопрос утилизации отходов производства. В исследовании в качестве адсорбционного материала используется отход энергетики – карбонатный шлам химводоподготовки Актюбинской ТЭЦ. Для достижения высокой степени очистки от загрязняющих веществ получен модифицированный карбонатный шлам, используемый как адсорбционный материал в фильтрах. Рассмотрен метод получения модифицированного карбонатного шлама химводоподготовки. Предложена принципиальная технологическая схема очистки сточных вод от фенолов, подобран и рассчитан сорбционный фильтр очистки сточных вод с наполнителем – модифицированным карбонатным шламом. Для реализации технологии очистки сточных вод от фенолов рассчитана экономическая эффективность и предотвращенный экологический вред на примере предприятия ТОО «Актобе нефтепереработка».

© Николаева Л.А., Айкенова Н.Е., Демин А.В., 2021



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

Представлена технология регенерации отработанного карбонатного шлама. Рассчитаны тепловые эффекты сжигания отработанного карбонатного шлама как топливного материала на примере АО «Актобе ТЭЦ».

Ключевые слова: сточные воды, фенолы, доочистка сточных вод, гидрофобизация, сорбционный материал, адсорбент, карбонатный шлам

История статьи: поступила в редакцию 04.02.2021; принята к публикации 10.02.2021.

Для цитирования: Николаева Л.А., Айкенова Н.Е., Демин А.В. Очистка сточных вод промышленных предприятий от фенолов модифицированным отходом энергетики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 174–181. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-174-181>

Purification of wastewater of industrial enterprises from phenols by modified energy waste

Larisa A. Nikolaeva✉, Nuriya E. Aikenova, Alexey V. Demin

*Kazan State Power Engineering University,
51 Krasnoselskaya St, Kazan, 420066, Russian Federation*

✉ larisanik16@mail.ru

Abstract. With the development of engineering and technology, industrial enterprises have an increasing impact on the environment. One of the problems of our time is the pollution of water bodies with industrial toxic waste. Innovative in the field of environmental protection are methods of using inexpensive adsorbents for wastewater treatment, where cost factors play a major role. For quite a long time, an urgent task has been the development of inexpensive adsorbents that can be alternative to those existing at wastewater treatment facilities. Inexpensive alternative adsorbents can be obtained from a wide range of raw materials that are abundant, cheap, and highly absorbent. The article discusses the possibility of purification of industrial wastewater from phenols of oil refining industries on the example of LLP “Aktobe Oil Refining”. In the treatment of industrial wastewater, the method of adsorption treatment is widely used, which allows not only to purify from pollutants to maximum permissible concentrations (maximum permissible concentrations), but is also cost-effective when introduced. Economic efficiency is characterized by the use of industrial waste as adsorption materials, which in turn show high cleaning efficiency and resolve the issue of disposal of production waste. In this work, energy waste is used as an adsorption material – carbonate sludge from the chemical water treatment of the Aktobe TPP. To achieve a high degree of purification from pollutants, a modified carbonate sludge was obtained, which is used as an adsorption material in filters. A method for obtaining modified carbonate sludge from chemical water treatment is considered. A basic technological scheme of wastewater treatment from phenols has been proposed, a sorption filter for wastewater treatment with a filler – modified carbonate sludge has been selected and calculated. To implement the technology of purification of wastewater from phenols, the economic efficiency and the prevented environmental harm were calculated using the example of the enterprise LLP “Aktobe Oil Refining”. The technology of regeneration of waste carbonate sludge is considered. The heat effects of combustion of spent carbonate sludge as a fuel material are calculated using the example of Aktobe TPP.

Keywords: wastewater, phenols, wastewater treatment, hydrophobization, sorption material, adsorbent, carbonate sludge

Article history: received 04.02.2021; revised 10.02.2021.

For citation: Nikolaeva LA, Aikenova NE, Demin AV. Purification of wastewater of industrial enterprises from phenols by modified energy waste. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):174–181. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-174-181>

Введение

Современные технологии промышленных нефтедобывающих, нефтехимических и химических комплексов обуславливают образование сточных вод. Такие сточные воды содержат целый комплекс органических загрязняющих веществ, в том числе ароматических. К широко распространенным загрязнителям из ароматических соединений относятся фенолы, которые чрезвычайно токсичны.

В законодательном порядке установленные санитарно-гигиенические нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) фенолов следующие: в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 1 мг/м³, в воде – 0,001 мг/дм³.

Фенолы наименее заметны на фоне других источников загрязнения окружающей среды, что обуславливает их опасность¹ [1].

Существуют различные методы и способы очистки сточных вод. Рядом преимуществ перед другими методами очистки обладают адсорбционные. Разработка экономически эффективных сорбционных материалов на основе отходов производства имеет большое практическое и научное значение [2; 3].

В качестве таких сорбционных материалов предлагается использовать модифицированный карбонатный шлам химводоподготовки (ХВП). Процесс очистки сточных вод от фенолов ТОО «Актобе нефтпереработка» осуществляется сорбционным материалом «ГрСМ-1». Отработанный «ГрСМ-1» используется как вторичный энергетический ресурс АО «Актобе ТЭЦ».

Целью работы является снижение антропогенного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду за счет применения технических и технологических решений адсорбционной очистки сточных вод (СВ) от фенолов модифицированным карбонатным шламом.

Материалы и методы

Для очистки сточных вод от фенолов сорбционным материалом «ГрСМ-1» рассмотрена технологическая схема, произведен расчет сорбционного фильтра ФСУ 3,0–0,6. В ранних работах [3; 4] определены основные технологические характеристики и адсорбционная емкость сорбционного материала по отношению к фенолу.

Использованы методики расчета экономической эффективности и предотвращенного экологического ущерба на окружающую среду.

Экономическая эффективность при внедрении предлагаемой технологии рассчитана путем сопоставления расходов и доходов, полученных на

¹ Уланова О.В., Салхофер С.П., Вюни К. Комплексное устойчивое управление отходами. Жилищно-коммунальное хозяйство: учебное пособие. М.: Издательский дом Академии естествознания, 2016. 520 с.

предприятию ТОО «Актобе нефтепереработка» в соответствии с методами, описанными в [5]².

В качестве сорбционного материала используется гидрофобный шлам «ГрСМ-1» – отход химводоподготовки ТЭЦ. Для его производства предлагается основное оборудование – гранулятор-смеситель ТЛГ-080 ООО «Феникс», камерная печь типа ПВО-1,2-500 ООО «Уралэлектропечь», шкаф сушильный ПЭ-4630М ООО «ЭКРОСХИМ», перемешивающее устройство – перфоратор Bosch. Произведен тепловой расчет сжигания «ГрСМ-1» на предприятии АО «Актобе ТЭЦ».

Результаты и обсуждение

В экспериментальных исследованиях работы используется высушенный шлам мелкодисперсного порошка «ГрСМ-1». При определении сорбционной способности гранул «ГрСМ-1» получены изотермические кривые адсорбции, изостеры, кинетика процесса адсорбции, адсорбция фенола «ГрСМ-1» изучена в динамических и статических условиях [3].

Карбонатный шлам образуется на стадии предварительной очистки в тепловых электроцентралях и котельных. Предварительная очистка воды на «Актобе ТЭЦ» осуществляется в котле-утилизаторе. Котел-утилизатор предназначен для утилизации тепла дымовых газов от газотурбинной установки путем выработки водяного пара среднего давления $P_{\text{раб}} = 3,0$ МПа, $T_{\text{раб}} = 420$ °С из питательной воды. Сырьем для производства водяного пара среднего давления в котле-утилизаторе является питательная вода, приготовленная из продукта блока водоподготовки – пермеата (добавочной воды) и водяного пара низкого давления из существующих сетей ТЭЦ. Сырьем для производства пермеата (добавочной воды) на блоке водоподготовки является пермеат (обессоленная вода) из существующего цеха ХВО-2 «Актобе ТЭЦ», который доочищается на установке водоподготовки. Пермеат (обессоленная вода) подается на блок водоподготовки по трубопроводу диаметром 150 мм. Параметры обессоленной воды на входе в установку: давление 0,5 МПа, температура 25 °С.

Исходная вода для блока водоподготовки – пермеат (обессоленная вода), поступает от существующего цеха ХВО-2 «Актобе ТЭЦ» по трубопроводу. Исходная вода из емкости насосами подается в блок доочистки добавочной воды. Блок доочистки добавочной воды включает в себя картриджные фильтры, насосы высокого давления, мембранный блок, станции дозирования антискаланта и метабисульфита натрия, блок промывки мембран. В блоке доочистки исходная вода очищается в картриджных фильтрах, после чего насосами высокого давления подается на мембранный блок. После блока доочистки пермеат (добавочная вода) направляется в емкость и насосами подается потребителям. Добавочная вода используется для производства питательной воды котла-утилизатора, разбавления сухих реагентов в дозировочных станциях, корректировки концентрации промывных реагентов мембран в блоке промывки. Блок дожимной компрессорной станции (ДКС) состоит из двух винтовых компрессоров, комплектно

² Сергеев И.В. Экономика предприятия. М.: Финансы и статистика, 2000. 166 с.; Волков О.И. Экономика предприятия: учебник. М.: ИНФРА, 1997. 176 с.; Семенов В.М. Экономика предприятия: учебное пособие. М.: Центр экономики и маркетинга, 1996. 184 с.

поставляемых с межступенчатым холодильным и сепарационным оборудованием, системой смазки и средствами КИПиА. Для работы компрессоров используется электрический привод. ДКС предназначена для компримирования топливного газа до рабочих параметров с последующей подачей на ГТУ.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов и фенолов ТОО «Актобе нефтепереработка» производительностью 120 м³/ч предлагается принципиальная технологическая схема (ТС) [3; 6].

В данной принципиальной ТС в адсорбционную фильтрующую колонну предлагается загружать разработанный материал «ГрСМ-1». Также произведен расчет адсорбционного фильтра при загрузке «ГрСМ-1» [3; 4; 7].

Величина предотвращения антропогенного воздействия на водную среду оценивается показателем удельного регионального ущерба, который описывает пагубное влияние загрязнителей на водный бассейн и почву, свойства которых изменяются при воздействии загрязнителей³.

При очистке СВ от фенолов гранулированным карбонатным шламом «ГрСМ-1» осуществляется расчет предотвращаемого экологического ущерба на окружающую среду (табл. 1).

Таблица 1

Расчет предотвращения ущерба окружающей среде при очистке промышленных сточных вод

№	Наименование показателей затрат	Цена, тыс. руб./год
1	Величина предотвращенного ущерба водоему при результате природоохранной деятельности	26 604
2	Величина предотвращенного ущерба от деградации почв в результате природоохранной деятельности	1,57
3	Величина предотвращенного ущерба водоему водохранилища	674,1

Table 1

Calculation of environmental damage prevention in industrial wastewater treatment

No.	Name of cost indicators	Price, thousand rubles/year
1	The amount of prevented damage to the reservoir as a result of environmental protection activities	26 604
2	The amount of damage prevented from soil degradation as a result of environmental protection activities	1.57
3	The amount of prevented damage to the reservoir	674.1

При внедрении природоохранных технологий очистки сточных вод от фенолов на ТОО «Актобе нефтепереработка» рассчитанная масса утилизируемых загрязняющих веществ, которые воздействуют на окружающую среду, составляет 5,2 условных т/год.

Таким образом, величина предотвращенного ущерба водоему водохранилища оценивается в 674 тыс. руб./год.

Технологии очистки промышленных СВ отходом энергетики демонстрирует экономическую эффективность внедряемой технологии и является основным показателем применения данного метода доочистки сточных вод от загрязнений фенолами.

³ Методика определения предотвращенного экологического вреда: утверждена и введена в действие Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Данильяном 09.03.1999 г.

Для реализации предложенного метода производится расчет капитальных и эксплуатационных затрат, которые необходимы для функционирования новой технологии в системе охраны водной среды [8], значения затрат представлены в табл. 2.

Эффективность применения «ГрСМ-1» как адсорбента составляет 1 899,9 тыс. руб./год. Удельные затраты на 1 м³ очищаемой воды адсорбентом – 3,61 тыс. руб./год. Эффективность применения данной технологии равна 87 %.

Расчет экономической эффективности внедрения представленной технологии очистки сточных вод показывает экономическую эффективность и доказывает целесообразность ее внедрения.

Таблица 2

**Экономическая эффективность
адсорбционной технологии очистки промышленных сточных вод в год**

№	Наименование показателей затрат	Цена, тыс. руб.
1	Капитальные вложения для реализации технологии	1704,8
2	Транспортировка материала, год	2,7
3	Предотвращенный экологический эффект водоему водохранилища	674
4	Амортизационные отчисления	204,3
5	Эксплуатационные затраты	837,7
6	Показатель приведенных затрат	305,1
7	Прирост неосуществленных возможностей получения дохода	67,4
8	Годовая экономическая эффективность водоохраных мероприятий	741,4
9	Экономическая эффективность внедрения технологии очистки сточных вод	436,3

Table 2

Economic efficiency of adsorption technology for industrial wastewater treatment per year

No.	Name of cost indicators	Price, thousand rubles
1	Capital investments for the implementation of the technology	1704.8
2	Material transportation, year	2.7
3	Prevented environmental impact to the reservoir reservoir	674
4	Depreciation and amortisation	204.3
5	Operating costs	837.7
6	Indicator of reduced costs	305.1
7	The increase in unrealized revenue opportunities	67.4
8	Annual economic efficiency of water protection measures	741.4
9	The economic efficiency of the introduction of wastewater treatment technology	436.3

Таблица 3

Расчет теплового эффекта котла при сжигании насыщенного фенолами «ГрСМ-1»

№	Наименование показателей	Значение
1	Объем окислителя (воздуха) в объеме (м ³), м ³ /кг	6,3
2	Действительный расход воздуха, м ³ /кг	6,6
3	Массовый расход воздуха, кг/кг	7,74
4	Объем дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, кг/с	5,5
5	КПД котла, %	84,35
6	Общий расход топлива, кг/с	1,98
7	Расхода топлива в котле, кг/с	0,925

Table 3

Calculation of the thermal effect of the boiler when burning saturated with phenols "GrSM-1"

No.	Name of indicators	Value
1	Volume of oxidizer (air) in volume (m ³), m ³ /kg	6.3
2	Actual air flow, m ³ /kg	6.6
3	The mass flow rate of air, kg/kg	7.74
4	Volume of flue gases released into the atmosphere, kg/s	5.5
5	Boiler efficiency, %	84.35
6	Total fuel consumption, kg/s	1.98
7	Fuel consumption in the boiler, kg/s	0.925

При использовании отработанного сорбционного материала «ГрСМ-1» как топливного, котельной производится тепловой расчет его сжигания. Тепловой расчет сжигания «ГрСМ-1» представлен в табл. 3.

Заклучение

Экспериментальные исследования предложенной схемы адсорбционной очистки СВ ТОО «Актобе нефтепереработка» от фенолов гранулированным модифицированным карбонатным шламом «ГрСМ-1» показывают эффективность очистки 90 %.

На основе полученных экспериментальных данных эффективности очистки сточных вод карбонатным шламом произведен расчет экономической эффективности и предотвращения экологического ущерба при применении предложенной технологии очистки сточных вод от фенолов.

Результат экономического расчета водоохраных мероприятий составляет 741,4 тыс. руб./год, а экономическая эффективность от внедрения природоохраных технологий очистки сточных вод от фенолов равна 436,3 тыс. руб./год. Срок окупаемости данной технологии – 4 года.

Произведены тепловой расчет котла, в том числе расчет объема воздуха и продуктов сгорания, расчет вредных выбросов в атмосферу при сжигании «ГрСМ-1», расчет энтальпии продуктов сгорания, расчет КПД котла и расхода топлива, расчет токсичности образованной золы при сжигании «ГрСМ-1». КПД котла составил 84,35 %, расход топлива в котле – 0,92 кг/с.

Применение адсорбционной очистки сточных вод сорбционным материалом «ГрСМ-1» является рентабельным и обладает видимым экономическим эффектом, также влияние на окружающую среду минимизированы для ТОО «Актобе нефтепереработка».

Список литературы

- [1] Sun X., Wang C., Li Y., Wang W., We J. Treatment of phenolic wastewater by combined Uf and Nf/Ro processes // *Desalination*. 2015. No. 355. Pp. 68–74.
- [2] Franz M., Arafat H.A., Pinto N.G. Effect of chemical surface heterogeneity on the adsorption mechanism of dissolved aromatics on activated carbon // *Carbon*. 2000. Vol. 38. Pp. 1807–1819.
- [3] Айкенова Н.Е., Николаева Л.А. Очистка промышленных сточных вод от фенолов // *Вопросы современной науки и практики Университета имени В.И. Вернадского*. 2019. № 3 (73). 9 с.
- [4] Лантев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет теплообменных процессов. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2007. 500 с.

- [5] Ларин Б.М., Бушуев Е.Н. Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС. М.: МЭИ, 2000. 310 с.
- [6] Лупейко Т.Г., Баян Е.М., Горбунова М.О. Исследование техногенного карбонатосодержащего отхода для очистки водных растворов от ионов никеля (Ni) // Журнал прикладной химии. 2004. № 2. С. 87–91.
- [7] Николаева Л.А., Голубчиков М.А. очистка производственных сточных вод от нефтепродуктов модифицированными сорбционными материалами на основе карбонатного шлама // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 11. С. 50–57.
- [8] Экология нефтегазового комплекса: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.И. Владимирова, В.В. Ремизова. М.: Нефть и газ, 2013. 416 с.

References

- [1] Sun X, Wang C, Li Y, Wang W, We J. Treatment of phenolic wastewater by combined Uf and Nf/Ro processes. *Desalination*. 2015;355:68–74.
- [2] Franz M, Arafat HA, Pinto NG. Effect of chemical surface heterogeneity on the adsorption mechanism of dissolved aromatics on activated carbon. *Carbon*. 2000;38:1807–1819.
- [3] Aikenova NE, Nikolaeva LA. Purification of industrial wastewater from phenols. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*. 2019;(3(73)):9. (In Russ.)
- [4] Laptev AG. *Models of the boundary layer and calculation of heat and mass transfer processes*. Kazan: Publishing House of Kazan University; 2007. (In Russ.)
- [5] Larin BM. *Fundamentals of mathematical modeling of chemical-technological processes of processing coolant at thermal power plants and nuclear power plants*. Moscow: MPEI Publ.; 2000. (In Russ.)
- [6] Lupeyko TG, Bayan EM, Gorbunova MO. Research of technogenic carbonate-containing waste for purification of water solutions from nickel ions (Ni)]. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2004;(2):87–91. (In Russ.)
- [7] Nikolaeva LA, Golubchikov MA. Purification of industrial wastewater from petroleum products by modified sorption materials based on carbonate sludge. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2016;(11):50–57. (In Russ.)
- [8] Vladimirova AI, Remizova VV. (eds.) *Ecology of the oil and gas complex*. Moscow: Neft' i Gaz Publ.; 2013. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Николаева Лариса Андреевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии в энергетике и нефтегазопереработке», Казанский государственный энергетический университет. E-mail: larisnik16@mail.ru

Айкенова Нурия Еркиновна, аспирант, кафедра «Технологии в энергетике и нефтегазопереработке», Казанский государственный энергетический университет. E-mail: twrpx99@mail.ru

Демин Алексей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Инженерная экология и безопасность труда», Казанский государственный энергетический университет. E-mail: alexei_demin@mail.ru

Bio notes:

Larisa A. Nikolaeva, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Technologies in Energy and Oil and Gas Processing”, Kazan State Power Engineering University. E-mail: larisnik16@mail.ru

Nuriya E. Aikenova, postgraduate student, Department “Technologies in Energy and Oil and Gas Processing”, Kazan State Power Engineering University. E-mail: twrpx99@mail.ru

Alexey V. Demin, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Engineering Ecology and Labor Safety”, Kazan State Power Engineering University. E-mail: alexei_demin@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-182-191
УДК 504.062:691

Научная статья / Research article

Утилизация вскрышных пород в составах экологически безопасных композиционных материалов для дорожного строительства

Н.А. Коновалова[✉], Д.В. Бесполитов, П.П. Панков, Е.А. Руш, Н.Д. Авсеенко

*Иркутский государственный университет путей сообщения,
Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15*

[✉] zabizht_engineering@mail.ru

Аннотация. Изучена возможность утилизации вскрышных пород Черновского бурого угольного и Балеиско-Тасеевского золоторудного месторождений (Забайкальский край) в дорожно-строительной индустрии. В качестве стабилизирующих добавок в составах дорожно-строительных композитов выбраны добавки полимерной природы Криогелит и StabOL. Исходные минеральные образцы изучены методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, порошковой дифракции, инфракрасной спектроскопии. Установлено, что введение в состав композитов на основе вскрышных пород 8 мас. % портландцемента и 10 мас. % золы уноса, а также стабилизирующих добавок «Криогелит» (Черновское месторождение) и StabOL (Балеиско-Тасеевское месторождение), позволяет получить образцы с маркой по прочности М40 и маркой по морозостойкости F15. Методом биотестирования доказано, что полученные композиты не оказывают острого токсического действия на тест-объекты и безопасны для окружающей среды и здоровья человека.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, отходы горнопромышленного комплекса, вскрышные породы, зола уноса, стабилизирующая добавка, дорожное строительство, укрепление грунтов, композиционный материал

История статьи: поступила в редакцию 23.12.2021; принята к публикации 11.01.2021.

Для цитирования: Коновалова Н.А., Бесполитов Д.В., Панков П.П., Руш Е.А., Авсеенко Н.Д. Утилизация вскрышных пород в составах экологически безопасных композиционных материалов для дорожного строительства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 182–191. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-182-191>

Utilization of overburden in formulations of environmentally friendly compositional materials for road construction

Nataliya A. Konovalova[✉], Dmitry V. Bespolitov,
Pavel P. Pankov, Elena A. Rush, Nadezhda D. Avseenko

*Irkutsk State Transport University,
15 Chernyshevskogo St, Irkutsk, 664074, Russian Federation*

[✉] zabizht_engineering@mail.ru

Abstract. The possibility of utilization of overburden rocks of the Chernovsky brown coal and Baleysko-Taseevsky gold occurrences (Trans-Baikal Region) in the road construction industry is studied. Polymeric additives “Cryogelite” and “StabOL” were chosen as stabilizing

additives in the compositions of road-building composites. The initial mineral samples were examined by methods of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, powder diffraction, and infrared spectroscopy. It was found that the introduction to formulation of composites with use of overburden rocks of 8 wt. % Portland cement and 10 wt. % fly ash, as well as stabilizing additives “Cryogelit” (Chernovskoe occurrence) and “StabOL” (Baleysko-Taseevskoe occurrence), allows to obtain samples with strength grade M40 and frost resistance grade F15. The biotesting method proved that the obtained composites do not have an acute toxic effect on test objects and are safe for the environment and human health.

Keywords: anthropogenic impact, mining wastes, overburden, fly ash, stabilizing additive, road construction, soil strengthening, compositional material

Article history: received 23.12.2021; revised 11.01.2021.

For citation: Konovalova NA, Besspolitov DV, Pankov PP, Rush EA, Avseenko ND. Utilization of overburden in formulations of environmentally friendly compositional materials for road construction. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):182–191. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-182-191>

Введение

Регионы с развитой горнодобывающей промышленностью характеризуются наличием острых проблем, связанных с сохранением природных ландшафтов и биоразнообразием [1]. Добыча полезных ископаемых сопровождается извлечением вскрышных и вмещающих пород, не пригодных для сельскохозяйственного использования. Отвалы массивы вскрышных пород, занимающие значительные площади, нарушают структуру и целостность экосистем, изменяют рельеф, способствуют пылеобразованию и загрязнению химическими веществами прилегающих территорий [2–4]. Площадь выводимых из лесо- и агрооборота земель может достигать 0,8 га на 1 тыс. т извлекаемого из недр минерального сырья [5], а отчуждаемые земли горных разработок составляют 60–90 % [6]. Нарушенные земли подвергаются эрозии, загрязняют атмосферный воздух, почвы, водные ресурсы, растительность и среду обитания человека в целом [7–9].

Эффективность технологических решений, направленных на ликвидацию объектов накопленного вреда окружающей среде, зависит от вида и объемов отходов, степени их опасности, времени существования и размеров объекта накопленного вреда, а также масштабов воздействия на экосистемы [10]. В этой связи для решения проблем восстановления техногенно нарушенных земель требуется разработка эффективных способов ликвидации отвалов вскрышных пород, являющихся объектами накопленного вреда окружающей среде.

Наиболее эффективными методами ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде являются физико-химические, среди которых особое место занимает затвердевание (стабилизация), или искусственное камнеобразование. Проведенный анализ отечественных и зарубежных исследований в области утилизации техногенных грунтов показал целесообразность их крупнотоннажного прямого использования в составах дорожно-строительных композитов [11–14]. Теоретические аспекты применения метода стабилизации при модификации минерального сырья отражены в работах В.М. Безрука [15; 16], а разработка методологии химической стабилизации принадлежит И.И. Бройду, А. Herzod, J. Mitchell [17; 18] и др.

Однако вовлечение вскрышных пород в дорожно-строительное производство сдерживается неоднородностью их свойств и состава. Для улучшения физико-механических характеристик дорожно-строительных композитов на основе техногенных грунтов эффективными могут быть комплексные методы стабилизации, сочетающие применение вяжущих веществ и стабилизаторов различной природы, поскольку некоторые виды грунтов не поддаются эффективной стабилизации с использованием лишь вяжущего материала. Так, композиты на основе грунтов, укрепленных битумами, излишне пластичны, а цементогрунты имеют повышенную истираемость. Поэтому поиск более совершенных методов стабилизации техногенных грунтов, сочетающих применение вяжущих веществ и стабилизирующих добавок, снижающих их отрицательные свойства, позволит получить композиты с оптимальными для дорожного строительства свойствами и решить комплекс острых экологических проблем.

Цель работы заключалась в изучении возможности утилизации вскрышных пород в составах экологически безопасных дорожно-строительных композиционных материалов.

Материалы и методы

В качестве сырьевых компонентов использовали вскрышные породы Черновского буроголивого и Балейско-Тасеевского золоторудного месторождений (Балейский, Тасеевский, Каменский карьеры), золу уноса ТЭЦ-2 Читы (Забайкальский край), в качестве вяжущего – портландцемент марки ЦЕМ II/A-Ш 32,5Б.

Отвалы вскрышных пород Черновского буроголивого месторождения, которое эксплуатировалось с 1907 по 1989 г., расположены в Черновском районе Читы. Согласно архивным данным, для подготовки вскрышных пород мощностью до 30 м проводились буровзрывные работы. Отмечено сдвижение земной поверхности, за время эксплуатации месторождения мерзлота протаяла на глубину до 50 м.

Балейско-Тасеевское месторождение, открытое в 1934 г., является одним из важнейших золоторудных месторождений с запасом 105,6 т. За все годы работы Балейского рудного поля было добыто около 250 т золота [19]. При разведке месторождения пройдено 118,4 км подземных горных выработок, пробурено 334,5 км скважин, а за первые 35 лет эксплуатации месторождения протяженность подземных выработок составила 412 км [20].

При эксплуатации данных месторождений практиковалось неселективное отвалообразование, о чем свидетельствует хаотичное размещение вскрышных пород в отвалах. Открытая разработка привела к геомеханическим нарушениям окружающей среды в результате строительства карьеров, отсыпки отвалов, деформации поверхности, а также воздействия карьерного оборудования, что привело к изменению рельефа местности и уничтожению почв (рис. 1).

Дорожно-строительные композиты на основе вскрышных пород получали согласно ГОСТ 23558–94 с применением стабилизирующих добавок полимерной природы «Криогелит» (ТУ 5775-002-01107272-2012) и StabOL

(ТУ 5775-001-01107272-2020). В состав композитов на основе вскрышных пород Черновского месторождения, модифицированных добавкой «Криогелит», дополнительно вводили золу уноса без ее предварительной обработки. Для увеличения прочностных характеристик композитов на основе вскрышных пород Балеиско-Тасеевского месторождений, модифицированных добавкой StabOL, дополнительно проводили механическую активацию золы на истирателе вибрационном чашевом ИВЧ-3 в течение 1 мин. Дозировку исходных сырьевых компонентов определяли методом подбора. Массовая доля портландцемента и золы уноса в смеси составила 8 и 10 мас. % соответственно. Гранулометрический анализ вскрышных пород проводили по ГОСТ 12536–2014. Физико-механические характеристики композитов в возрасте 28 сут изучали по ГОСТ 23558–94 на образцах, подвергнутых полному водонасыщению. Влажность золы уноса определяли по ГОСТ 8735–88. Удельную поверхность частиц золы определяли на приборе Товарова Т-3 методом воздухопроницаемости, насыпную плотность в сухом состоянии изучали по ГОСТ 9758–2012, битумоемкость – по ГОСТ 32766–2014. Степень пучинистости золы определяли на приборе УПГ-МГ4 «Грунт» по ГОСТ 28622–2012. Вода для приготовления образцов соответствовала требованиям ГОСТ 23732–2011.

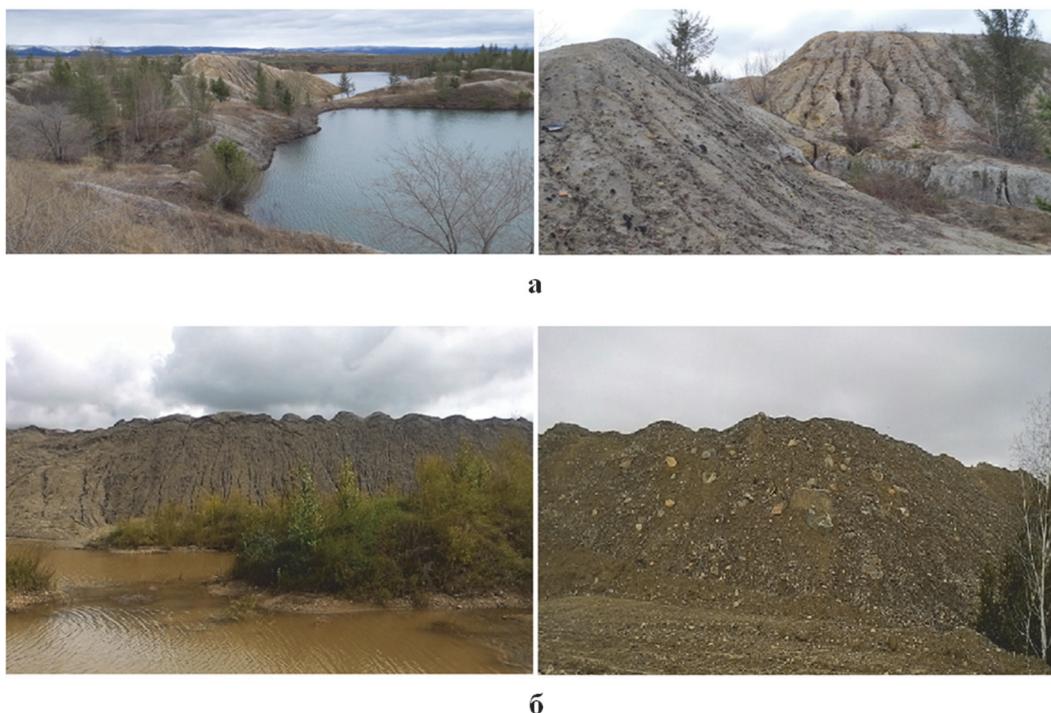


Рис. 1. Ландшафтные изменения нарушенных территорий:
а – Черновское буроголивное месторождение; б – Балеиско-Тасеевское месторождение
Figure 1. Landscape changes of disturbed areas:
а – Chernovskoye brown coal occurrence; б – Baleisko-Taseevskoye occurrence

Мультиэлементный анализ минерального сырья выполняли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) с применением эмиссионного спектрометра (Optima 5300DV, 167–403 нм, PerkinElmer, США), схема ICP95A. Рентгенофазовый анализ (РФА) портландце-

мента выполняли методом порошковой дифракции на дифрактометре ДРОН-3.0, излучение – $\text{CuK}\alpha$, Ni-фильтр, $U = 25$ кВ, $I = 20$ мА, угловой диапазон: $2\theta, ^\circ = 3\text{--}55$, скорость измерения – $1^\circ/\text{мин.}$). Фазовый состав проб расшифровали с помощью программы EVA (Diffra^{plus}). ИК-спектр золы регистрировали инфракрасным Фурье-спектрометром SHIMADZU FTIR-8400S на таблетках с KBr, приготовленных по стандартной методике.

Экологическую безопасность композитов на основе вскрышных пород изучали комплексом методов. Удельную эффективную активность естественных радионуклидов в образцах определяли в соответствии с НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523-09) и ГОСТ 30108–94. Радиологические испытания проводили на спектрометре-радиометре гамма- и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК», гамма-спектрометре МКСП-01 «РАДЭК», санитарно-химические – на газовом хроматографе «Хроматек-Кристалл 5000.2». Тест-объекты для биотестирования – *Daphnia magna Straus* и *Chlorella vulgaris Beijer*.

Результаты и обсуждение

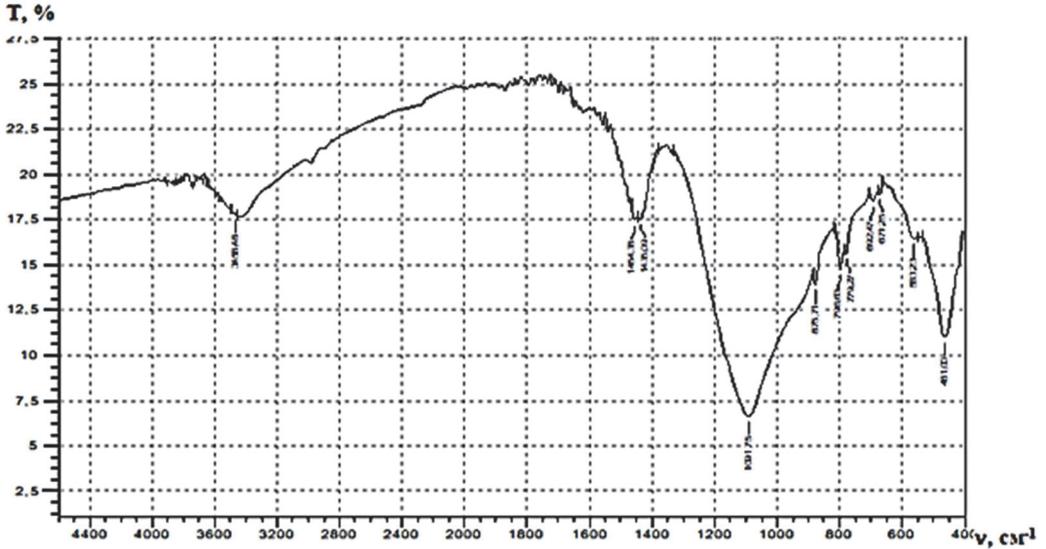
Естественное зарастание отвалов вскрышных пород Черновского и Балейско-Тасеевского месторождений происходит неравномерно, так как вынесенные на поверхность глубинные породы характеризуются незначительным содержанием элементов минерального питания и имеют отличные от почв свойства. Обнаружены проявления негативных геологических процессов: деградация и эрозия почв, размыв и оползание нарушенной поверхности отвалов и их обрушение, оврагообразование. Ликвидация отвалов возможна за счет крупнотоннажного прямого использования вскрышных пород в дорожном строительстве. Эффективность применения метода стабилизации (искусственного камнеобразования) зависит от понимания процессов структурообразования композита, поэтому важным является изучение состава и свойств исходного минерального сырья.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в образцах вскрышных пород, %: Каменский карьер – 15,96; Балейский карьер – 33,46; Тасеевский карьер – 20,42; Черновское месторождение – 39,00.

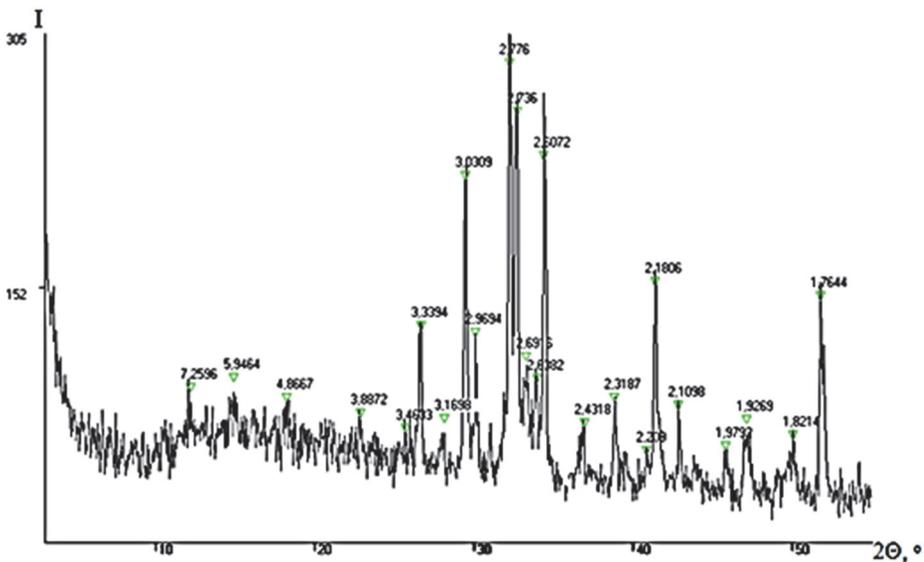
Вскрышные породы имеют химический состав, $\omega, \%$: *Каменский карьер* 67,6 SiO_2 ; 12,1 Al_2O_3 ; 3,6 Fe_2O_3 ; 2,7 K_2O ; 2,5 Na_2O ; 0,9 CaO ; 0,5 MgO ; 0,4 TiO_2 ; 0,1 P_2O_5 ; 0,1 Cr_2O_3 ; 0,1 MnO ; 3,7 – потери при прокаливании (п. п. п.); 5,7 – примеси микроэлементов (п.м.); *Балейский карьер* 62,1 SiO_2 ; 12,8 Al_2O_3 ; 4,2 Fe_2O_3 ; 3,5 K_2O ; 1,4 CaO ; 1,2 MgO ; 1,1 Na_2O ; 0,4 TiO_2 ; 0,2 P_2O_5 ; 0,1 Cr_2O_3 ; 0,1 MnO ; 7,0 – п.п.п.; 5,9 – п.м.; *Тасеевский карьер* 67,0 SiO_2 ; 12,6 Al_2O_3 ; 2,1 Fe_2O_3 ; 1,5 K_2O ; 0,6 TiO_2 ; 0,4 MgO ; 0,3 CaO ; 0,1 Cr_2O_3 ; 0,1 P_2O_5 ; 0,1 Na_2O ; 9,3 – п.п.п.; 5,9 – п.м.; *Черновское месторождение* 66,1 SiO_2 ; 12,5 Al_2O_3 ; 0,9 Fe_2O_3 ; 3,9 K_2O ; 0,2 TiO_2 ; 0,3 MgO ; 0,3 CaO ; 0,1 Cr_2O_3 ; 0,1 P_2O_5 ; 1,1 Na_2O ; 5,7 – п.п.п.; 8,8 – п.м.

Исследуемая зола относится к категории непучинистых и имеет алюмосиликатный состав: $\omega, \text{мас. } \%$: 36,1 SiO_2 ; 10,2 Al_2O_3 ; 7,8 Fe_2O_3 ; 1,4 MgO ; 0,6 Na_2O ; 1,2 K_2O ; 0,4 TiO_2 ; 0,6 SO_3 ; 9,4 CaO ; 0,4 $\text{CaO}_{\text{св}}$. По гидравлическим свойствам зола относится к скрыто-активным. Влажность составила 0,59 %, насыпная плотность – 660 кг/м^3 , битумоемкость – 54 г, удельная поверх-

ность частиц – 276 м²/кг (при норме не менее 150 м²/кг). Согласно данным ИКС (рис. 2, а), в составе золы обнаружен кальцит (полосы поглощения с максимумами при 1454; 1435 и 876 см⁻¹), кварц и кристобалит (797; 779 см⁻¹ и 692; 671 см⁻¹), гематит (563 и 461 см⁻¹).



а



б

Рис. 2. ИК-спектр золы уноса (а) и дифрактограмма портландцемента (б)
Figure 2. IR spectrum of fly ash (a) and a diffractogram of Portland cement (b)

Для обеспечения морозостойкости дорожно-строительных композитов имеет значение содержание основных структурообразующих минералов минерального вяжущего. Базовый химический состав портландцемента, ω, мас. %: 6,8 Al₂O₃; 36,6 CaO; 4,4 Fe₂O₃; 4,0 MgO; 27,9 SiO₂; 2,8 SO₃. Анализ результа-

тов РФА (рис. 2, б) показал, что в состав портландцемента входят алит (5,95; 3,03; 2,97; 2,74; 2,18 Å), белит (3,43; 2,88; 2,81; 2,28; 1,76 Å), портландит (3,19; 2,65 Å) и кварц (3,35; 2,44; 2,32; 2,21; 2,11; 1,82 Å).

Установлено, что исследуемые пробы минерального сырья по радиационному признаку относятся к первому классу, поскольку величина $A_{эфф}$ не превышает 370 Бк/кг и сырьевой материал может использоваться в строительстве без ограничений.

Дорожно-строительные композиты на основе вскрышных пород Балейского, Тасеевского и Каменского карьеров, модифицированные добавкой StabOL, так же как и композиты на основе вскрышных пород Черновского месторождения, модифицированные добавкой «Криогелит», соответствуют марке по прочности М40 и марке по морозостойкости F15, что позволяет рекомендовать их к применению на дорогах с переходным и низшим типом дорожных одежд. Найдено, что процесс повышения прочности модифицированных добавками образцов основан на формировании кристаллизационного каркаса из оксид-силикатов кальция и коагуляционной сетки из пылеватых и глинистых частиц, соединенных прослойками полимера и воды.

Проведенными исследованиями установлено, что в модельных условиях (насыщенность 0,01 м²/м³, температура среды +20 °С) уровень миграции бензола, дибутилфталата, диоктилфталата, этилацетата, ацетона, метанола, винилацетата с поверхности композитов, модифицированных добавкой StabOL, а также бензола, толуола, стирола, этилацетата, ацетона, метанола, бутилацетата для композитов, модифицированных добавкой «Криогелит», создает в атмосферном воздухе концентрации, не превышающие среднесуточные ПДК, установленные гигиеническими нормативами (СанПиН 1.2.2353-08, ГН 2.1.6.3492-17, ГН 2.1.6.2309-07). Интенсивность запаха всех составов оценена в 0 баллов (при нормативе не более 2 баллов).

Оценка токсичности проб исследуемых дорожно-строительных материалов, определенная по смертности (летальности) *Daphnia magna Straus* и по изменению оптической плотности тест-культуры – зеленой протококковой водоросли *Chlorella vulgaris Beijer*, позволила заключить о безопасности для окружающей среды и здоровья человека дорожно-строительных композитов, модифицированных стабилизирующими добавками «Криогелит» и StabOL.

Заключение

Отвалы вскрышных пород Черновского бурогоугольного и Балейско-Тасеевского золоторудного месторождений (Балейский, Тасеевский, Каменский карьеры) являются объектами накопленного вреда окружающей среде. Применение физико-химического метода стабилизации минерального сырья позволит утилизировать вскрышные породы в составах дорожно-строительных композиционных материалов. Найдено, что используемое минеральное сырье относится к первому классу по удельной эффективной активности естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K), поэтому может применяться в дорожном строительстве без ограничений. Установлено, что введение в состав композитов 8 мас. % портландцемента и 10 мас. % золы уноса, а также стабилизирующих добавок «Криогелит» (вскрышные породы Черновского ме-

сторождения) и StabOL (вскрышные породы БалеЙско-Тасеевского месторождения), позволяет получить образцы, соответствующие марке по прочности М40 и марке по морозостойкости F15. Выявлено, что структурообразование образцов, модифицированных добавками «Криогелит» и StabOL, определяется наличием коагуляционного и кристаллизационного типов контактов между частицами. Установлено, что полученные композиты не оказывают острого токсического действия на тест-объекты и безопасны для окружающей среды и здоровья человека.

Список литературы

- [1] Манаков Ю.А., Курьянов О.А. Система ООПТ Кемеровской области как фактор смягчения воздействия угледобычи на биоразнообразие // Уголь. 2019. № 7. С. 89–94.
- [2] Вохмин С.А., Курчин Г.С., Волков Е.П., Зайцева Е.В. Современное видение развития добычи нерудных строительных материалов в России // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 2014. № 4. С. 82–84.
- [3] Комаров М.А., Алискеров В.А., Кусевич В.И., Заверткин В.Л. Горно-промышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2007. № 4. С. 3–9.
- [4] 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. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.020>
- [5] Опрышко Д.С., Облицов А.Ю. Современные подходы к горнотехнической рекультивации // Записки горного института. 2013. Т. 200. С. 142–145.
- [6] Щелканов Н.С., Овешников Ю.М., Субботин Ю.В. Рекультивация отвалов вскрышных пород на угольных разрезах Забайкальского края // Вестник ЗабГУ. 2012. № 11 (90). С. 28–33.
- [7] Хачатрян Т.С. Окружающая среда и здоровье населения (обзор литературы) // Журнал экспериментальной и клинической медицины. 1981. Т. 21. № 3. С. 287–292.
- [8] Lin H., Guo Y., Zheng Y. et al. Long-term effects of ambient PM 2.5 on hypertension and blood pressure and attributable risk among older Chinese adults // Hypertension. 2017. Vol. 69. No. 5. Pp. 806–812. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONA.116.08839>
- [9] Табакаев М.В., Артамонова Г.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения // Вестник РАМН. 2014. № 3–4. С. 55–60.
- [10] Соловьянов А.А. О подходах к решению проблем накопленного экологического ущерба в Российской Федерации // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 8. С. 33–38.
- [11] Филатов М.М. Почвенный поглощающий комплекс и дорожные свойства грунтов // Труды ДОРНИИ. 1932. Вып. 3. С. 109.
- [12] Безрук В.М. Основные принципы укрепления грунтов. М.: Транспорт, 1987. 32 с.
- [13] Correns C.W. The experimental chemical weathering of silicates. Clay minerals bull // Mineralogisch-Petrographisches Institute. 1961. No. 26. P. 4.
- [14] Прокопец В.С., Дмитренко Е.Н., Поморова Л.В. Параметрическая модель прочности композиционных материалов из цементогрунта // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 6. С. 66–70.
- [15] Безрук В.М., Тулаев А.Я. Дорожные основания из стабилизированных грунтов. М.: Дориздат, 1948. 176 с.
- [16] Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементами. М.: Автотрансиздат, 1958. 159 с.
- [17] Бройд И.И. Струйная геотехнология. М.: Изд-во АСВ, 2004. 448 с.

- [18] Herzod A., Mitchell J. Reactions accompanying stabilization of clay with cement // Cement – treated soil mixtures. Highway research record. 1962. No. 36. Pp. 146–171.
- [19] Серержников А.И. Геолого-гидрогеологическая характеристика и палеогидрогеологические реконструкции Балейского золоторудного поля (Забайкалье) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 3. С. 93–105.
- [20] Верхотуров А.Г. Трансформация геологической среды при разработке месторождений полезных ископаемых в Забайкалье // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 370–373.

References

- [1] Manakov YuA, Kupriyanov OA. The system of specially protected natural areas of the Kemerovo region as a factor in mitigating the impact of coal mining on biodiversity. *Ugol'*. 2019;(7):89–94. (In Russ.)
- [2] Vohmin SA, Kurchin GS, Volkov EP, Zajceva EV. Modern viewing of non-metallic building materials extraction in Russia. *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskij Region*. 2014;(4):82–84. (In Russ.)
- [3] Komarov MA, Aliskerov VA, Kusevich VI, Zavertkin VL. Mine waste – an additional source of mineral resources. *Mineral'nye Resursy Rossii. Ekonomika i Upravlenie*. 2007;(4):3–9. (In Russ.)
- [4] 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. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.020>
- [5] Opryshko DS, Oblicov AYu. Modern approaches to mining reclamation. *Zapiski Gornogo Instituta*. 2013;200:142–145. (In Russ.)
- [6] Shchelkanov NS, Oveshnikov YuM, Subbotin YuV. Reclamation of tailings dumps at coal mines of Zabaykalsky region. *Vestnik ZabGU*. 2012;(11(90)):28–33. (In Russ.)
- [7] Hachatryan TS. Environment and public health literature review. *Zhurnal Eksperimental'noj i Klinicheskoy Mediciny*. 1981;21(3):287–292. (In Russ.)
- [8] Lin H, Guo Y, Zheng Y et al. Long-term effects of ambient PM 2.5 on hypertension and blood pressure and attributable risk among older Chinese adults. *Hypertension*. 2017;69(5):806–812. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.08839>
- [9] Tabakaev MV, Artamonova GV. Particulate matter air pollution effects on the incidence of heart diseases among the urban population. *Vestnik RAMN*. 2014;(3–4):55–60. (In Russ.)
- [10] Solovyanov AA. Some approaches to the solution of the problems of accumulated environmental damage in the Russian Federation. *Zashchita Okruzhayushchej Sredy v Neftegazovom Komplekse*. 2015;(8):33–38. (In Russ.)
- [11] Filatov MM. Soil absorbing complex and road properties of soils. *Trudy DORNII*. 1932;(3):109. (In Russ.)
- [12] Bezruk VM. Basic principles of soil strengthening. Moscow: Transport Publ.; 1987. (In Russ.)
- [13] Correns CW. The experimental chemical weathering of silicates. *Clay minerals bull. Mineralogisch-Petrographisches Institute*. 1961;(26):4.
- [14] Прокопец VS, Dmitrenko EN, Pomorova LV. Basic principles of soil strengthening. *Vestnik Sibirskoj Gosudarstvennoj Avtomobil'no-Dorozhnoj Akademii*. 2012;(6):66–70 (In Russ.)
- [15] Bezruk VM, Tulaev AYa. *Road foundations made of stabilized soils*. Moscow: Dorizdat Publ.; 1948. (In Russ.)
- [16] Bezruk VM. *Theoretical foundations of soil reinforcement with cements*. Moscow: Avtotransizdat Publ.; 1958. (In Russ.)
- [17] Brojd II. *Jet geotechnology*. Moscow: Publishing House ASV; 2004. (In Russ.)

- [18] Herzod A, Mitchell J. Reactions accompanying stabilization of clay with cement. *Cement – Treated Soil Mixtures. Highway Research Record*. 1962;(36):146–171.
- [19] Serezhnikov AI. Geological and hydrological characteristics and paleohydrological reconstructions of the Baley gold field (Transbaikalia). *Tihookeanskaya Geologiya*. 2011;30(3):93–105. (In Russ.)
- [20] Verhoturov AG. Transformation of the geological environment during the development of mineral deposits in Transbaikalia. *Gornyj Informacionno-Analiticheskij Byulleten'*. 2014;(4):370–373. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Коновалова Наталья Анатольевна, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Иркутский государственный университет путей сообщения. E-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Бесполитов Дмитрий Викторович, аспирант, Иркутский государственный университет путей сообщения. E-mail: dimazabizht2018@mail.ru

Панков Павел Павлович, младший научный сотрудник, Иркутский государственный университет путей сообщения. E-mail: pavelpankov110990@mail.ru

Руш Елена Анатольевна, доктор технических наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения. E-mail: lrush@mail.ru

Авсеенко Надежда Дмитриевна, доктор медицинских наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения. E-mail: avsennd@rambler.ru

Bio notes:

Nataliya A. Konovalova, PhD in Chemistry, leading researcher, Irkutsk State Transport University. E-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Dmitry V. Bespolitov, graduate student, Irkutsk State Transport University. E-mail: dimazabizht2018@mail.ru

Pavel P. Pankov, junior researcher, Irkutsk State Transport University. E-mail: pavelpankov110990@mail.ru

Elena A. Rush, Doctor of Technical Sciences, Professor, Irkutsk State Transport University. E-mail: lrush@mail.ru

Nadezhda D. Avseenko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Irkutsk State Transport University. E-mail: avsennd@rambler.ru



ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ENVIRONMENTAL EDUCATION

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-192-203

UDC 503.37:371.3

Research article / Научная статья

Linguistic and extralinguistic implementation of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia

Alla V. Guslyakova^{1,2}✉, Nina I. Guslyakova³, Nailya G. Valeeva¹,
Amangeldy R. Beisembayev⁴, Yevgeniya A. Zhuravleva⁵

¹*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

²*Moscow State Pedagogical University,*

1 Malaya Pirogovskaya St, bldg 1, Moscow, 119435, Russian Federation

³*South Ural State Humanitarian Pedagogical University,
69 Lenina Prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation*

⁴*Innovative University of Eurasia,*

45 Lomova St, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan

⁵*L.N. Gumilyov Eurasian National University,*

2 Satpayeva St, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan

✉ aguslyakova@bk.ru

Abstract. The research focuses on the analysis of the English language media discourse dedicated to the problem of environmental activism in the present-day emerging countries of Russia, China and other Southeast Asian states. The main purpose of the study is to understand the linguistic and non-linguistic implementation of the phenomenon of environmental activism in developing countries through the English language media perspective. Taking into account the role of the English language as a lingua franca in the world today, the research hypothesizes that the English language media discourse has turned into an influential tool of the promotion of green sustainable ideas, including environmental activism in the states with the emerging economies. The findings of the study received through the quantitative and qualitative data processing in the software program “QDA Minor”, proved that the English language media discourse can affect the evolution of people’s eco-consciousness in the emerging countries like Russia, China and other states of Southeast Asia. Despite having different ideological values and national and international strategic purposes, the countries with the developing economies are getting used to the ideas of environmental activism and begin to adopt a more sustainable lifestyle.

Keywords: environmental activism, English language, media discourse, emerging countries, green ideology



Article history: received 18.01.2021; revised 30.01.2021.

For citation: Guslyakova AV, Guslyakova NI, Valeeva NG, Beisembayev AR, Zhuravleva YeA. Linguistic and extralinguistic implementation of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):192–203. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-192-203>

Лингвистическая и экстралингвистическая имплементация экологического активизма в англоязычном медиадискурсе России, Китая и Юго-Восточной Азии

А.В. Гуслякова^{1,2}✉, Н.И. Гуслякова³, Н.Г. Валеева¹,
А.Р. Бейсембаев⁴, Е.А. Журавлева⁵

¹Российский университет дружбы народов,
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

²Московский педагогический государственный университет,
Российская Федерация, 119435, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1

³Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Российская Федерация, 454080, Челябинск, пр-кт Ленина, д. 69

⁴Инновационный евразийский университет,
Республика Казахстан, 140000, Павлодар, ул. Ломова, д. 45

⁵Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сатпаева, д. 2

✉ aguslyakova@bk.ru

Аннотация. Рассматривается роль современного англоязычного медиадискурса в продвижении идей экологического активизма в современных развивающихся странах на примере России, Китая и государств Юго-Восточной Азии. Основная цель исследования заключается в осмыслении и анализе лингвистических и экстралингвистических составляющих феномена экологического активизма в развивающихся странах сквозь призму восприятия информации в англоязычных СМИ, функционирующих на территории исследуемых государственных образований. Принимая во внимание роль английского языка как языка международного общения, или *lingua franca*, в современном мире, настоящее исследование выдвигает гипотезу о том, что англоязычный медиадискурс превратился во влиятельный инструмент продвижения экологически дружественных, зеленых идей, включая экологический активизм, в регионах с развивающейся экономикой. Результаты качественного и количественного анализа эмпирических данных в компьютерной программе QDA Miner доказали, что англоязычный медиадискурс способен оказать влияние на эволюцию экологического сознания людей в развивающихся странах. Несмотря на различные идеологические ценности и национальные и международные стратегические цели, страны с развивающейся экономикой (Россия, Китай и другие национальные государства Юго-Восточной Азии) постепенно адаптируются к идеям экологического активизма и начинают внедрять более устойчивую экологическую политику на своей территории.

Ключевые слова: экологический активизм, англоязычный медиадискурс, развивающиеся страны, зеленая идеология, экологическое сознание

История статьи: поступила в редакцию 18.01.2021; принята к публикации 30.01.2021.

Для цитирования: *Guslyakova A.V., Guslyakova N.I., Valeeva N.G., Beisembayev A.R., Zhuravleva Ye.A.* Linguistic and extralinguistic implementation of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 192–203. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-192-203>

Introduction

Environmental activism is an integral part of human life in the 21st century. The idea of the pro-environmental behaviour which is close to the concept of the human's "identification with nature", was born due to multiple ecological concerns which the globe has faced in recent decades, i.e. rising sea levels, climate change, environmental pollution, toxic wastes, deforestation and many other issues. One of the most important conductors and mediators of environmental activism and green ideas has become the English language as the language of the international communication and a strong popularizer of various global agendas including environmental issues and a sustainable development ideology on the planet. Moreover, the English language media have turned out to be a unique digital platform which united different countries and nations across the world in trying to find solutions to environmental threats and disasters. The World Englishes¹ of the third millennium, as well as the English language media channels, are being actively used by billions of people in different corners of the planet for the work in collaboration in social, scientific, political and conservational fields.

Thus, **the main purpose of this research** is to estimate how the present-day English language media discourse helps to accelerate the environmental activism and pro-environmental behaviour in emerging countries on the example of Russian Federation, China and the states of Southeast Asia.

The research questions raised in the article are the following ones:

RQ1. Can the English language as a lingua franca and the speculation of the environmental concerns and environmental activism in the English language media discourse unite the ecological policy of the emerging countries?

RQ2. Are there big differences in the environmental language used in each of the emerging countries and how are they represented in the English language media discourse?

RQ3. How is environmental activism introduced on linguistic and non-linguistic levels in the English language media of Russia, China and Southeast Asia and how can it affect the local cultures, national languages and ideology of these countries in a more eco-friendly way?

We hypothesize that the English language of the third millennium in its correlations with the global media discourse is making a significant impact on the constructive development of peoples' environmental activism and pro-environmental behaviour in the modern emerging countries.

The language of environmental activism in present-day Russia, China and East Asian countries. Although the notion "environmental activism" is not inter-

¹ World Englishes. *Wikipedia*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/World_Englishes (accessed: 10.02.2021).

preted consistently by scholars [1], nevertheless, in general, this concept means “environmental efforts which are typically not restricted to the critique of environmental problems but also include attempts, efforts and actions to solve those problems, leading to a broader concern with the policies and politics of sustainable transitions” [Ibid.].

Thousands of people around the world contribute to the protection of nature every day. They solve problems of different scales. For example, someone collects batteries in their entrance to properly dispose of them, others find and stop illegal logging, or they organize eco-lessons and charity events at their schools, universities or other public institutions. All these people are united by a sense of responsibility for the well-being of nature and a desire to preserve it.

It is important to highlight that the language of ecological activism can be different, varying from extremely radical ideas, actions, slogans, banners and mottoes to more tolerant promotion of eco-friendly ideology in the form of the so-called “environmental diplomacy” [2]. But its target point is the only one and it is the environmental protection of a particular place of living.

The language of environmental activism in modern Russia, China and Southeast Asian countries has both their similarities and differences. On the one hand, a particular flash of interest towards the protection of the environment goes back to the end of the 20th century when The United Nations began discussing ecological problems within the framework of the first Earth Summit on Environment and Development (UNCED) in Rio de Janeiro, in 1992, known as Agenda 21. Later on, the United Nations Secretary-General Ban Ki-moon (2007–2016) pronounced a rather decisive statement by saying that: “We don’t have plan B because there is no planet B.”² This utterance played the role of the incentive in the further development of the Sustainable Development Goals (SDGs).

This global environmental agenda made an impact on the ecological activism in the emerging countries like Russia, China as well as other Southeast Asian states, for example, Japan, South Korea, Taiwan and Singapore, etc.

Environmental activism has a rich history of environmental philosophy and science in these countries. For example, it appeared in the Soviet period of the present-day Russian Federation. A special slogan emerged in Russia that claimed that environmental activists would protect nature together with the people (“We will protect nature together with the people!”) [2]. Over the past 20 years, Russian eco-activists have gained knowledge and practical experience to participate in various forms of environmental protection: state and public hearings, public examination, litigation, organizing rallies, protests, single pickets, developing social technologies for promoting environmental requirements in the political arena [Ibid.].

It is also evident that activists and NGOs (non-governmental organizations) have contributed successfully to the rise of public environmental awareness in Southeast Asian societies [3].

China’s rapid industrial development over the past quarter of a century has resulted in heavy pollution and environmental degradation. The truth is twenty of

² United Nations Secretary-General. *Secretary-General’s remarks to the press at COP22*. 15 November 2016. Available from: <https://www.un.org/sg/en/content/sg/press-encounter/2016-11-15/un-secretary-generals-remarks-cop22-press-conference> (accessed: 11.02.2021).

the thirty most polluted cities in the world are located in the People’s Republic of China. One of the primary concerns for the Chinese people is pollution: the safety of the air they breathe, the water they drink, the food they eat. Even the Chinese Communist Party (CCP) itself admits that the country is not only in charge of high levels of pollution, but also suffers significantly from it. The costs of public health and the inability of the government to turn the environmental situation around are raising social discontent. In recent years, environmental organizations have begun to emerge in China, and in some cases have had remarkable success in affecting policies that would have had significant adverse impacts on the environment.

In Japan, environmental activism emerged vigorously in 2011 after the Fukushima Daiichi nuclear disaster. Earlier the Japanese government had preferred a “soft” and gradual approach towards their ecological policy [4].

In South Korea, ecological campaigns have been an integral part of the democratic transition since the 1980s. Most of the first generation of environmental activists were university students. Nowadays South Korean eco-friendly campaign tactics include environmental symbolic acts to trigger a dramatic public reaction and push for policy change (see Figure 1).



Figure 1. Young eco-activists outside Samsung’s Seoul HQ in August 2020, protesting against the controversial Vung Ang 2 coal power plant in Vietnam

Source: www.chinadialogue.net

In Singapore environmental activism is also mostly represented by the local youth’s drive and inspiration to raise awareness about the climate crisis or hyper-consumerism. Young people, who have a formal education in environmental science, hope to make an impact on environmental education. Besides, they hope that people recognize that tackling the climate crisis requires a collective effort

and they can influence others by raising awareness on social media or changing their daily habits to be more sustainable.³

Overall, Southeast Asia is a region in constant political and social flux. It is home to myriad forms of social activism, including eco-friendly pro-environmental movements [5]. All these events targeting at protecting the local and global environment and trying to build a more sustainable world are being actively covered in the media discourse space and the global English language media discourse framework. Such a “lingua mundi” approach allows promoting sustainable ideology in the world and emerging countries, in particular, and unifying the environmental policy of the developing countries in their intention to become much greener nations.

English language media as an influencer of the eco-friendly policy in emerging countries. As we have already stated, present-day Russia, China and other Southeast Asian countries all have their media to broadcast local, regional and international news. The feature that unites the media platforms of these countries is the presence of the English-language media resources in each of the above-mentioned regions of the planet.

English is spoken by hundreds of millions of people worldwide and it is the world’s favourite lingua franca – the language people are most likely to turn to when they don’t share a first language.⁴

Research findings suggest that there are no immediate competitors to English as present on the horizon [6]. This indicates that English will continue to dominate international communication and the media in the foreseeable future and become the language of global communication for users to meet their needs [7; 8].

The media platforms represented in the English language can be characterized as “digital town squares” (the term of Bill Gates) where people of different nationalities, races and religions can get together and speculate about various urgent problems, including environmental issues and sustainable development.

“Globish” English is a mediator of promotion of important social issues which people have to deal with today. Breakthrough inventions, ideologies and philosophies first appear in the English media discourse and then “spread like fire” across media discourses represented in other languages. The English media discourse space is a dynamic force which plays an important role in the interaction between cultures as well as between thought systems and the world [9].

The language of environmental activism and eco-friendly policy in Russia, China and other Southeast Asian countries has adopted a lot of constructive ecological ideas from the media discourse space of the English-speaking world today. For example, the green principle of 3R economy (*Reduce, Reuse, Recycle*) which is being implemented not only in the developed countries of Western Europe and North America but also in the rest of the world, i.e., in the countries with emerging economies.

³ Lee L. Youth in action: environmental activist raises climate issues on doodle at a time. *Today*. 20th December 2020. Available from: <https://www.todayonline.com/singapore/youth-action-environmental-activist-raise-climate-issues-one-doodle-time> (accessed: 25.01.2021).

⁴ Lustig R. Can English remain the ‘world’s favourite’ language? *BBC*. 23rd May 2018. Available from: <https://www.bbc.com/news/world-44200901> (accessed: 20.01.2021).

Green metrics of academic institutions, clothes and food recycling policy, climate change debates and other key ecological issues have become a part of environmental activism introduced in the media discourse space of Russia and Southeast Asian countries daily. We are going to present the results of the research which will help to understand the main ways the English language media discourse may affect collective eco-consciousness and behaviour of developing countries in their search for a more secure future.

Methods and results

This research represents the findings of the data analysis conducted on linguistic and extra-linguistic levels of the present-day English language media discourse circulated in the emerging countries of Russia, China and Southeast Asia. The following media editions which helped to estimate and measure the language of environmental activism were used: The Moscow Times, Russia Today (English version), Tass – Russian News Agency (Russian Federation); China Daily, Beijing Today, The Shanghai Herald, China Dialogue (China); The Japan Times (Japan); Today (Singapore); The Jakarta Post (Indonesia); The Korea Times (South Korea); The Bangkok Post (Thailand), etc. We selected 200 media texts related to the problem of environmental activism and sustainable development in the above-mentioned media discourses and conducted quantitative and qualitative content-analyses or “text mining” by using a special computer program QDA Minor.

The results of the analysis showed the following features of the environmental activism presented in the English language media discourses of Russia, China and Southeast Asia (Table).

Key concepts which define environmental activism issues in emerging countries

No.	Country	Environmental activism
1	Russia	Climate change, local climate change, pollution, air quality, protracted drought, reemerging deadly viruses (e.g. anthrax); the dangers of a rapidly warming world; decarbonization and demethanization; permafrost thawing, etc.
2	China	Emissions of carbon dioxide, endangered species; China as an “eco-civilization”; green cities; slowing global warming
3	South Korea	Pollution, landfill sites, waste collection, climate change, responsible production, consumption, reuse and recovery of products, packaging and materials, etc.
4	Singapore	Climate crisis, green goals, education on climate change, the Green Plan, electric vehicle targets
5	Thailand	Water conservation, floods, smart city, food donation, recycled plastic, sustainable business policy, circular economy, etc.
6	Japan	Throwaway society, climate crisis, extreme weather, single-use plastic waste, a “reuse and refill” business model, water policy “Refill Japan”, decarbonization, hydrogen energy, etc.
7	Indonesia	Skyscrapers of waste, poor waste management, environmental and health disturbances, etc.

As it can be seen in Table, the most essential concepts of environmental activism in the English language media discourse of Russia, China and Southeast Asia are climate change, zero waste lifestyle, methane and carbon dioxide emission ceilings, energy policies, the ban of fossil fuels, electric vehicle targets, decarbonization and demethanization, etc.

The data presented above demonstrates and confirms the presence of almost the same environmental problems in emerging countries. In a certain way, the English language media discourse helps to unite their ecological policy. The environmental language sounds almost similar in each of these countries, although there are differences which can be explained by geographical, political and economic factors of the regions these states are located.

In modern Russia and China, for example, one may pay particular attention to the intention of national governments to find some balance between developing the sustainable policy of the country and maintaining environmental activism and protecting the state interests at the same time.

The English language media often criticize Russian authorities for their lack of desire to promote pronounced campaigns of decarbonization and demethanization in the country. “On the global scene, Moscow sees attempts to link climate change with security issues *as a threat to its security and economic stability*, unsurprisingly”.⁵ This information is proved by the statistical data presented in Figure 2. One can see that the Russian authorities are trying to find the compromise between their response to the climate change activities (22%) and the potential hazards (20,6%) these “green innovations” may bring into the traditional system of the country’s legal ecological regulations.

Moscow's dilemma

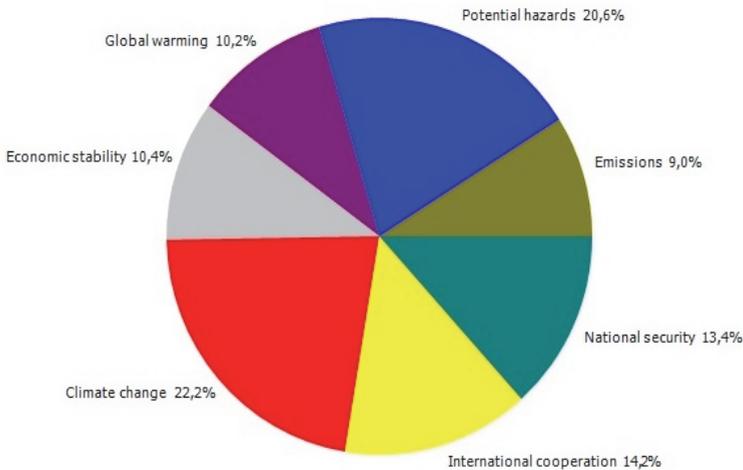


Figure 2. The English-language media perception of the Russian government’s interest in environmental activism in Russia, % (based on the information presented in the English-language media discourse)

The same trend can be observed in China. The language of environmental activism is carefully managed by the Communist Party. Sometimes “talking about climate change can just be awkward. Chinese culture *considers it taboo* to discuss

⁵ Lazard O. Moscow’s climate change dilemma. *The Moscow Times*. 10th February 2020. Available from: <https://www.themoscowtimes.com/2021/02/10/moscows-climate-change-dilemma-a72885> (accessed: 11.02.2021).

impending disasters when there are no easy solutions.” Moreover, “China’s propaganda in recent years keeps telling people to be wary of the infiltration of so-called foreign thoughts and influences”.⁶ It means that the Chinese authorities watchdog the spread of environmental ideologies in the English language media discourse and try “to convince people that China needs development instead of protests or expressions of different opinions”.⁷

Some Chinese environmental activists use metaphorical expressions and believe that “*it feels like a dead end*,” because “more people are showing a willingness to participate in activities to reduce waste”⁸ and build a more sustainable future in the country.

At the same time in neighbouring countries like South Korea, Japan, Thailand and the Republic of Singapore national governments are more loyal to the information content of the English language media discourse dedicated to ecological problems and also support local businesses and citizens in keeping a sustainable lifestyle.

For example, for consumers who want to participate in the zero-waste programs, several eco-friendly shopping centres help reduce waste by selling *plastic-free* items.

South Korean “Almaeng Market which opened last June in Seoul’s Mapo District, sells cosmetics, shampoo, detergent, coffee beans and various kinds of grain *without containers*. Visitors are asked to put the amount they need into reusable containers that they bring, and pay for the products per gram (Figure 3). Almaeng means ‘substance’ in Korean”.⁹

One more inspirational English language slogan which tries to persuade Japanese people to take care of their environment is the imperative “*Refill Japan*.” “...a platform called ‘Refill Japan’, which maps places where people can drink water or fill up their water bottles for free, including cafes and restaurants. Refill Japan is also involved in improving *existing water fountains* and installing new ones around the country...”¹⁰

Figure 3 demonstrates that all the motivational slogans and announcements are written in English as the language of international communication and environmental activism.

Overall, the analysis of the English language media discourses in Japan proves that environmental activism is helping to develop a new mindset in this country. Probably, the key concept of modern Japan is *sustainability* as “Japanese people don’t like letting things go to waste... and there is a chance that a *particularly Japanese sense of sustainability* will emerge.”¹¹

⁶ China teaches children its own version of the climate change story. *Japan Times*. 11th February 2021. Available from: <https://www.japantimes.co.jp/news/2021/02/11/asia-pacific/china-children-climate-change/> (accessed: 11.02.2021).

⁷ Ibid.

⁸ Ji-hye J. Zero-waste lifestyle draws attention during pandemic. *The Korean Times*. 2rd February 2021. Available from: https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/02/371_303327.html (accessed: 11.02.2021).

⁹ Ibid.

¹⁰ Mckirdy A. Throwaway society: rejecting a life consumed by plastic. *Japan Times*. Available from: <https://features.japantimes.co.jp/climate-crisis-plastic/> (accessed: 09.02.2021).

¹¹ Ibid.

The same environmental policy can be observed in Singapore and Indonesia, the countries which are promoting the idea of the Green Plan for their future national development and gradual elimination of environmental and health disturbances.



Figure 3. The English language “refill station” of a cosmetic Korean brand “Amorepacific” as an example of environmental activism in South Korea, presented by the English language media in the country¹²

To sum up, most states of Southeast Asia begin to adopt the idea promoted in the English language media discourse which regards humans as “*a truly dangerous species, who are alive because of the Earth and, if something happens to it, people won’t be able to survive.*”¹³ The ideology of the present-day environmental activism says that “the Earth does not exist for our convenience. And if we act selfishly, it will break down.”¹⁴

Conclusion

Everyone knows a story of the Tower of Babel when people were able to speak a single language and were trying to build a city and a tower tall enough to reach heaven. However, God confounded people’s speech and they could no longer understand each other. Finally, they scattered around the world. In our opinion,

¹² Ji-hye J. Zero-waste lifestyle draws attention during pandemic. *The Korean Times*. 2nd February 2021. Available from: https://www.koreatimes.co.kr/www/nation/2021/02/371_303327.html (accessed: 11.02.2021).

¹³ Ito M. Japan 2030: tackling climate issues is key to the next decade. *Japan Times*. Available from: <https://features.japantimes.co.jp/climate-crisis-2030/> (accessed: 10.02.2021).

¹⁴ Ibid.

this myth proves the importance of the existence of one language on the planet which can unite peoples in achieving their common goals. In the modern era, English has become such “a dynamic force which plays an important role in the interaction between cultures as well as between thought systems and the world” [9]. The English language media discourse space has turned into an influential mediator and instrument of solving global concerns of the humanity including sustainable development policy and the promotion of environmental activism. Nowadays it seems almost impossible to escape the influence of the English language media which are present in almost every country of the world and the overwhelming majority of the world’s population are exposed to the English language media discourse space daily via the English language press, social media, brand names, ads and commercials, through subtitled anglophone TV, film and DVD productions, lyrics and titles of all kinds.

Thus, directly or indirectly the English language media discourse is making an impact on the evolution of people’s eco-consciousness in the emerging countries like Russia, China and other states of Southeast Asia by promoting “green” ideology of environmental activism there. Even though each of these developing countries has its own national and multinational interests in the region and on the world stage, the language of environmental activism implemented on linguistic and non-linguistic levels in the English language media discourse of the above-mentioned countries, affect their local cultures, people, national languages and mentality. One can observe growing inspiration and motivation of national leaders, authorities and common population to build an eco-civilization as a gesture of resistance to environmental degradation and as a sense of cultural and national continuity as well as a part of the solution for the planet’s sustainable future.

References

- [1] Læssøe J. Environmental activism. In: Peters MA. (eds.) *Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory*. Singapore: Springer; 2017. https://doi.org/10.1007/978-981-287-588-4_443.
- [2] Usacheva OA. Ecological activism in post-Soviet Russia and the Western world: a comparative analysis. *Sociological Studies*. 2011;(3):23–31.
- [3] Wu F. Environmental activism and protest in East Asia. *Routledge Handbook of Environment and Society in Asia*. Routledge; 2014. p. 105–119.
- [4] Avenell S. From fearsome pollution to Fukushima: environmental activism and the nuclear blind spot in contemporary Japan. *Environmental History*. 2012;17(2):244–176.
- [5] Ford M. Social activism in Southeast Asia: an introduction. In: Ford M. (eds.) *Social Activism in Southeast Asia*. London, New York: Routledge; 2013. p. 1–21.
- [6] Salih AA, Holi HI. English language and the changing linguistic landscape: new trends in ELT classrooms. *Arab World English Joournal*. 2018;9(1):97–107.
- [7] Sasaki M et al. English as an international language in non-native setting in an era of globalization. *Comparative Sociology*. 2006;5(4):381–402.
- [8] Ates B. et al. Incorporating World Englishes into undergraduate ESL education courses. *World Englishes*. 2015;3(34):485–501. <https://doi.org/10.1111/weng.12149>
- [9] Le Donne S. Language ecology and English as a “lingua franca” in a glocal multicultural society: opening intercultural windows. *Epos: Revista De Filologia*. 2018;(33): 209–243. <https://doi.org/10.5944/epos.33.2017.19186>

Bio notes:

Alla V. Guslyakova, PhD in Philology, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); Associate Professor of the Department of Contrastive Linguistics, Institute of Foreign Languages, Moscow State Pedagogical University. E-mail: aguslyakova@bk.ru

Nina I. Guslyakova, Doctor of Sciences (Psychology), Professor of the Department of Technology and Psychological and Pedagogical Disciplines, Faculty of Science and Technology, South Ural State Humanitarian Pedagogical University. E-mail: guslyakovani@cspu.ru

Nailya G. Valeeva, PhD in Pedagogics, Professor, Head of the Department of Foreign Languages, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: ngvaleeva@yandex.ru

Amangeldy R. Beisembayev, Doctor of Sciences (Philology), Professor of "Languages, Literature and Journalism" Department, Innovative University of Eurasia. E-mail: aman2908@mail.ru

Yevgeniya A. Zhuravleva, Doctor of Sciences (Philology), Professor, Head of the Department of Theoretical and Applied Linguistics, Faculty of Philology, L.N. Gumilyov Eurasian National University. E-mail: zhuravleva_ea@enu.kz

Сведения об авторах:

Гусякова Алла Викторовна, кандидат филологических наук, доцент, кафедра иностранных языков, Институт экологии, Российский университет дружбы народов; доцент, кафедра контрастивной лингвистики, Институт иностранных языков, Московский педагогический государственный университет. E-mail: aguslyakova@bk.ru

Гусякова Нина Ивановна, доктор психологических наук, профессор, кафедра технологии и психолого-педагогических дисциплин, естественно-технологический факультет, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогического университет. E-mail: guslyakovani@cspu.ru

Валеева Наиля Гарифовна, кандидат педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой иностранных языков, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: ngvaleeva@yandex.ru

Бейсембаев Амангельды Ракишевич, доктор филологических наук, профессор, кафедра «Языки, литература и журналистика», факультет бизнеса, образования и права, Инновационный евразийский университет. E-mail: aman2908@mail.ru

Журавлева Евгения Александровна, доктор филологических наук, профессор, заведующая кафедрой теоретической и прикладной лингвистики, филологический факультет, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. E-mail: zhuravleva_yea@enu.kz



DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-204-208

UDC 503.37:371.3

Scientific report / Научное сообщение

Environmental disciplines taught to foreign students participating short term exchange programs in RUDN University: experience and approach

Tatyana N. Ledashcheva, Vladimir E. Pinaev✉

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

✉ pinaev-ve@rudn.ru

Abstract. The article examines experience and approaches of teaching to foreign students who came to the Institute of Environmental Engineering of the RUDN University for short-term exchange programs (2–3 months). The short duration of the exchange programs imposes additional restrictions on the order of studying the material – it is necessary to give an idea not only about the requirements of environmental protection legislation applied, for example, in Russia and the European Union, but also to give students the opportunity to actively participate in the classes during the workshops, taking into account the adaptation period when in their thoughts they are still at home, but are already in the host country. As an example, the courses conducted at the RUDN for students from Indonesia who arrived to participate the program “Sustainability management” and studying Environmental Impact Assessment and Management of Environmental Risks courses. The experience of teaching these disciplines shows the expediency of practical tasks related to the homeland of students – this allows them not only not to miss their homeland, but also to study in more detail the requirements of their country legislation related impact assessment on the environment, but also the impact of various types of industries on the environment. Thus, the students not only does not fall out of the educational context in home country for several months, but also independently receive more in-depth knowledge. As an exam at the end of the course, it is advisable not to give a traditional test with questions, but to prepare a project that can be carried out jointly with colleagues who have remained at the university in their homeland and allows applying the knowledge gained through the exchange program to create a visually evaluated result (project) on environmental protection in their homeland.

Keywords: exchange programs, environmental impact assessment, environmental risk management, short term students, adaptation period, RUDN University, project work

Article history: received 30.10.2021; revised 19.11.2021.

For citation: Ledashcheva TN, Pinaev VE. Environmental disciplines taught to foreign students participating short term exchange programs in RUDN University: experience and approach. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):204–208. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-204-208>



Обучение экологическим дисциплинам иностранных студентов, приехавших по краткосрочным обменным программам: опыт и подходы РУДН

Т.Н. Ледащева, В.Е. Пинаев ✉

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

✉ pinaev-ve@rudn.ru

Аннотация. Рассматривается опыт и подходы к обучению иностранных студентов, приехавших на краткосрочные обменные программы (2–3 месяца) в Институт экологии Российского университета дружбы народов. Короткая продолжительность обменных программ накладывает дополнительные ограничения на порядок изучения материала – необходимо дать представление не только о требованиях законодательства по охране окружающей среды, применяемых, например, в России и Европейском союзе, но и предоставить возможность студентам активно участвовать в работе, приняв в расчет период адаптации, когда они еще пребывают в мыслях дома, но уже находятся в стране пребывания. В качестве примера избраны курсы, проводящиеся в РУДН для студентов из Индонезии, прибывших в рамках программы Sustainability Management и обучающихся на курсах Environmental Impact Assessment и Management of Environmental Risks. Опыт преподавания данных дисциплин показывает целесообразность практических заданий, связанных с родиной студентов, – это позволяет им не только не скучать по родине, но и более детально изучить требования законодательства своей страны и воздействие на окружающую среду, а также воздействие различных видов производств на окружающую среду. Таким образом студент не только не выпадает на несколько месяцев из учебного контекста в своей стране, но и самостоятельно получает более углубленные знания. В качестве экзамена по завершении курса представляется целесообразным не традиционный тест с вопросами, а подготовка проекта, который может выполняться совместно с коллегами, оставшимися в университете на родине, и позволяет применить полученные в рамках программы обмена знания для создания визуально оцениваемого результата (проекта) по охране окружающей среды на родине.

Ключевые слова: программы обмена, оценка воздействия на окружающую среду, управление экологическим рисками, краткосрочное пребывание, период адаптации, РУДН, проектная работа

История статьи: поступила в редакцию 30.10.2021; принята к публикации 19.11.2021.

Для цитирования: *Ledashcheva T.N., Pinaev V.E.* Environmental disciplines taught to foreign students participating short term exchange programs in RUDN University: experience and approach // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 204–208. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-204-208>

Introduction

Short term exchange programs (2–3-month period) for students became more and more popular despite current COVID-19 restrictions. Experience of studying abroad is a precious asset which allows student to have a fresh approach to state of home country, including environmental aspects.

Such programs require grate involvement not only from students but also from professors, in part of environment protection and environmental risk mana-

gement in theory and practice. Besides knowledge it is necessary to keep proper level of English language among teachers and students, since English language currently is the one which is used for international cooperation.

It is also necessary to take into account approaches already existing in teaching practices – legal requirements [1], international realities, to cover involvement of certain countries in international organizations [2], approaches related to the impact on different components of environment vegetation [3], human society [4], ambient air [5], waste disposal practices [6] and other.

Thus, **the main purpose of this report** is to demonstrate how short term environmental classes can be done not only interesting but also rewardable for students in the future, since clear that in period of restrictions is easier to create own job, than to get employed by someone.

The research questions raised in the report are the following ones:

RQ1. Can the workshops for environmental disciplines activate students to study hard?

RQ2. Are there big differences to give a test in the end of the course or to defend a project on environment protection or environmental risk decrease?

RQ3. How studying abroad helps student to understand home environment protection legal requirements and practices applied in different industries?

We hypothesize that people when out of the home country still think about it and this can be an additional instrument, that allows students to receive an in depth knowledge of environmental disciplines regarding not only international practices but also regarding practices of environment protection in home country.

Results and discussion

This report represents the results of studying at short term courses on Environmental Impact Assessment and Management of Environmental Risks. These disciplines are both aimed on assessment and decrease of the impact on the environment. To avoid students participating in both courses it is necessary to form both programs allowing the students to learn something new during both disciplines even environment protection practices can be counted rather limited.

During the classes students need not only to present at the lectures and digest the knowledge presented by the lecturer, but also actively participate in the workshop classes. For this we implement following approach – professor describes and explains local conditions, legal requirements, environment protection and environmental risk assessment practices in Russia and foreign countries, i.e. European Union, and offers the student home task – prepare 10–20 minutes presentation on legal requirements and environment protection practices related to home country, i.e. Indonesia.

So, the students having natural homesick are selecting industries in their home country, which they are interested in and review all available legal requirements and environment protection practices. In the class they are presenting the results orally not only in front of the professor but also all colleagues who are encouraged to ask questions and be involved in each presentation. Such approach allows to form also reasoning and presentation skills.

At the end of the course students are requested to present a case study or a project which they can develop jointly with their colleagues in parent university.

Such project can not only increase cooperation between the students but also result in a full-scale environmental protection project in home county, what may give them better understanding of environment protection state in home country.

It is also necessary to take into account background of students to make the education process more comfortable for them [7; 8] and rewarding in the future [9], allowing to locate environment protection knowledge among other disciplines.

Conclusion

At the end of the exchange courses, we expect students be not only familiar with local legislation and practices of environment protection in the country of presence, but also start an environment protection activities or project in a home county. Proposed approach allows to set up interregional cooperation between students, set a project which can result in a business activity in the field of environment protection and receive in depth knowledge of home country environment protection legislation. Such approach also permits to show practical application of environmental disciplines and enable student to find the place in environmental business in future.

References

- [1] Reichert ES. Problems of normative legal regulation training of managers and specialists in the field of environmental protection and environmental safety. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Law.* 2020;20(1):68–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.14529/law200110>
- [2] Galinovskaya E, Otorova B, Ponomarev M. Review of the international scientific-practical conference “Unification and harmonization of environmental legislation within the legal space of the EEU”. *Journal of Foreign Legislation and Comparative Law.* 2017;3(6):108–111. (In Russ.) https://doi.org/10.12737/article_5a1e71dc8891e4.83824238
- [3] Solovieva VV, Semenov AA, Yaitsky AS. Environmental education of students by means of hydrobotany. *Samara Journal of Science.* 2019;8(1):298–303. (In Russ.) <http://doi.org/10.24411/2309-4370-2019-11315>
- [4] Prituzhalova OA, Smolentseva LA, Parusova NS, Serov GP. Environmental protection in the implementation of activities in the environmental sphere as a form of interaction between society and nature, a legal category and the subject of additional professional training. *Ekologicheskii Vestnik Rossii.* 2018;(9):54–63. (In Russ.)
- [5] Jacishin AV, Popov AA, Kovach VE, Artemchuk VA. The methodology of future specialists teaching in ecology using methods and means of environmental monitoring of the atmosphere’s surface layer. *Informatsionnye Tekhnologii i Sredstva Obucheniya.* 2018;66(4):217–230. (In Russ.)
- [6] Vasiliev AV. Features of teaching waste management issues in the preparation of bachelors and masters in technical universities. *Upravlenie Municipal'nymi Othodami Kak Vazhnyj Faktor Ustojchivogo Razvitija Megapolisa.* 2018;(1):281–284. (In Russ.)
- [7] Patullaeva ZYu. Basic teaching methods of ecology in higher educational institutions. *Mirovaja Nauka.* 2020;(12(45)):245–247. (In Russ.)
- [8] Vasiliev AV. Experience and problems of teaching university students on environmental programs. *Zapad – Rossiya – Vostok.* 2018;(12):88–92. (In Russ.)
- [9] Khabotova EB. Studying the latest achievements of science in the preparation of bachelor ecologists. *Vestnik Khar'kovskogo Natsional'nogo Avtomobil'no-Dorozhnogo Universiteta.* 2018;(81):5–11. (In Russ.)

Список литературы

- [1] *Рейхерт Е.С.* Проблемы нормативного правового регулирования обучения руководителей и специалистов в области охраны окружающей среды и экологической безопасности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Право. 2020. Т. 20. № 1. С. 68–71. <http://doi.org/10.14529/law200110>
- [2] *Галиновская Е.А., Оторова Б.К., Пономарев М.В.* Обзор международной научно-практической конференции «Унификация и гармонизация экологического законодательства в рамках правового пространства ЕАЭС» // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2017. № 6. С. 108–111. https://doi.org/10.12737/article_5a1e71dc8891e4.83824238
- [3] *Соловьева В.В., Семенов А.А., Яцикий А.С.* Экологическое образование студентов средствами гидробиологии // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 1. С. 298–303. <http://doi.org/10.24411/2309-4370-2019-11315>
- [4] *Притужалова О.А., Смоленцева Л.А., Парусова Н.С., Серов Г.П.* Охрана окружающей среды при осуществлении деятельности в экологической сфере как форма взаимодействия общества и природы, правовая категория и предмет дополнительного профессионального обучения // Экологический вестник России. 2018. № 9. С. 54–63.
- [5] *Яцишин А.В., Попов А.А., Ковач В.Е., Артемчук В.А.* Методика обучения будущих специалистов в области экологии методам и средствам экологического мониторинга приземного слоя атмосферы // Информационные технологии и средства обучения. 2018. Т. 66. № 4. С. 217–230.
- [6] *Васильев А.В.* Особенности обучения вопросам обращения с отходами при подготовке бакалавров и магистров в технических вузах // Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса. 2018. № 1. С. 281–284.
- [7] *Патуллаева З.У.* Основные методы обучения экологии в высших учебных заведениях // Мировая наука. 2020. № 12 (45). С. 245–247.
- [8] *Васильев А.В.* Опыт и проблемы обучения студентов вузов по экологическим программам // Запад – Россия – Восток. 2018. № 12. С. 88–92.
- [9] *Хоботова Э.Б.* Изучение последних достижений науки при подготовке бакалавров-экологов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2018. № 81. С. 5–11.

Bio notes:

Tatyana N. Ledashcheva, Cand. Sc. Math., Docent, Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: ledashcheva-tn@rudn.ru

Vladimir E. Pinaev, Cand. Sc. Econ., Docent, Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: pinaev-ve@rudn.ru

Сведения об авторах:

Ледашчева Татьяна Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: ledashcheva-tn@rudn.ru

Пинаев Владимир Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент, департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: pinaev-ve@rudn.ru



ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ENVIRONMENTAL ECONOMICS

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-2-209-216

UDC 502.3:504.03

Research article / Научная статья

Green economy as the main way of development of society

Andrey N. Zharov  , Konstantin V. Isaev 

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

✉ zharov-an@rudn.ru

Abstract. The 21 century put society before a choice on which path to develop further, which model of economic development to choose. The existing economic model of development generates certain contradictions. Economic development is accompanied by the emergence of crisis phenomena, predatory use of natural resources, changing landscapes, unjustified environmental pollution. An alternative way of economic development of society could be a model of a green economy, which is being formed today, before our eyes. The research is devoted to the consideration of three of the six directions of the implementation of the green economy model. The current state of clean energy, agricultural energy, and sustainable agriculture, including organic agriculture, is analysed. The steps taken to switch to the green economy model are analysed. According to the results of the study, conclusions are drawn related to the transition to this model of economic development.

Keywords: green economy, sustainable development, renewable energy, agriculture

Article history: received 06.07.2021; revised 27.07.2021.

For citation: Zharov AN, Isaev KV. Green economy as the main way of development of society. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(2):209–216. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-209-216>

Зеленая экономика как основной путь развития общества

А.Н. Жаров  , К.В. Исаев 

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

✉ zharov-an@rudn.ru

Аннотация. XXI век поставил общество перед выбором, какие путь и модель экономического развития выбрать. Существующая экономическая модель развития порождает определенные противоречия. Экономическое развитие сопровождается воз-



никновением кризисных явлений, хищническим использованием природных ресурсов, изменением ландшафтов, неоправданным загрязнением окружающей среды. Альтернативным путем экономического развития общества могла бы стать модель зеленой экономики, которая формируется сегодня на наших глазах. Рассматриваются три из шести направлений реализации модели зеленой экономики. Анализируется текущее состояние чистой энергетики, сельскохозяйственной энергетики и устойчивого сельского хозяйства, включая органическое сельское хозяйство. Проанализированы шаги, предпринятые для перехода к модели зеленой экономики. По результатам исследования сделаны выводы, связанные с переходом к данной модели экономического развития.

Ключевые слова: зеленая экономика, устойчивое развитие, возобновляемые источники энергии, сельское хозяйство

История статьи: поступила в редакцию 06.07.2021; принята к публикации 27.07.2021.

Для цитирования: *Zharov A.N., Isaev K.V. Green economy as the main way of development of society // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 2. С. 209–216. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-2-209-216>*

Introduction

Currently, the problem of greening the economy and rational use of natural resources is coming to the fore. Since the industrial revolution, society has been using an economic model that implies the predatory use of natural resources, a high anthropogenic load on the Earth's biosphere. With his economic activity, a person changes natural landscapes, some animal species disappear. More and more often, scientific and political circles are talking about changing the economic model of development, about the need to transition to a new economy, an economy based on the principles of rational use of human resources, principles that would create well-being for all, and not for individual groups of the population, principles that allow for the sustainable development of society. This model of economic development is called the green economy. The term "green economy" was proposed in 1989 by environmental economists David Pearce, Edward Barbier, Emil Markand in his work "A plan for a green economy". The term was reborn in 2008, when the global economy entered the phase of one of the most serious crises since the Great Depression in the United States. It was during this period that UNEP proposed the development of "green incentive packages" to provide analysis and policy support for investments in green sectors and industries that intensively pollute the environment.¹

But what is a green economy? There is no single interpretation of this term. Since 2008, it has undergone several interpretations: from "economic activities related to the production, distribution and consumption of goods and services that lead to improving people's well-being in the long term, at the same time, without exposing future generations to significant environmental risks and reducing the shortage of environmental resources" to "an economy that focuses on using opportunities to simultaneously promote economic and environmental goals".²

¹ The concept and essence of the green economy. (In Russ.) Available from: <http://greeneconomy.kg/theory/ponyatie-i-sushnost-zelenoy-ekonomiki/> (accessed: 05.07.2021).

² Ibid.

Whatever the interpretation of the term “green economy”, its main goal is to ensure economic growth that improves the quality of the environment and social integration.

The following main directions of implementation of this economic model of development are distinguished (Figure 1).

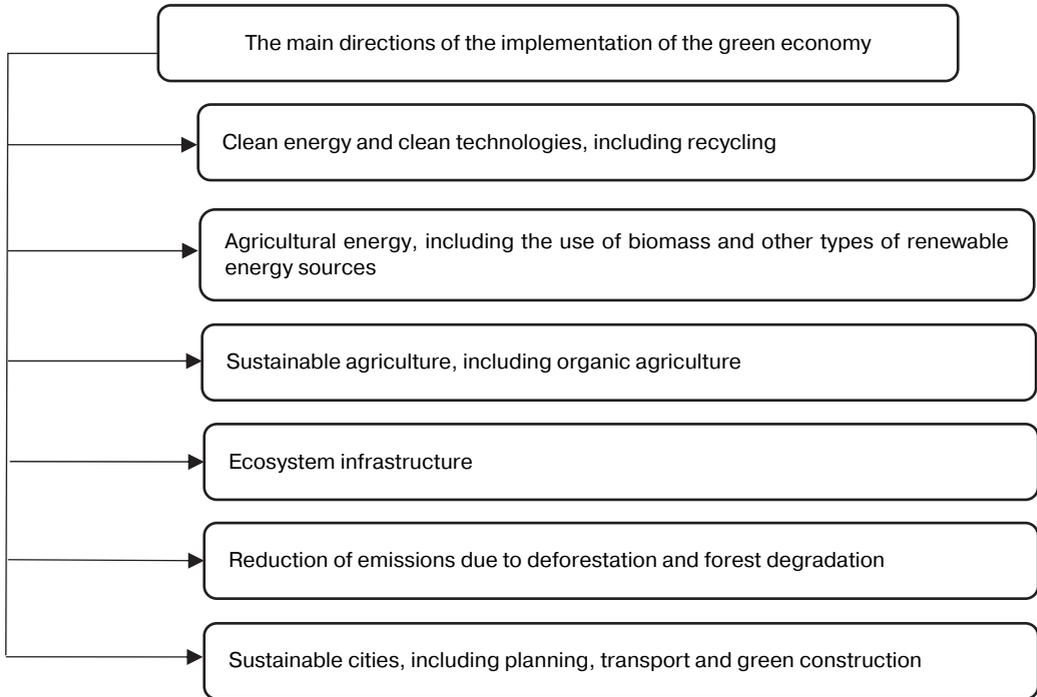


Figure 1. The main directions of the implementation of the green economy

Source: compiled by the authors according to: UNEPCOM. *Russian National Committee for supporting UNEP. Global green new deal*. Available from: <http://greeneconomy.kg/theory/ponyatie-i-sushnost-zelenoy-ekonomiki/> (accessed: 05.07.2021).

Let’s take a closer look at three of these directions.

Results and discussion

One of the most important areas is the development of clean energy and clean technologies. Clean energy is understood as a promising branch of energy that involves the use of unconventional (renewable and practically inexhaustible) energy sources, which include: solar radiation, kinetic wind energy, water movement in rivers, heat of the earth’s surface, biofuels and others.

Analyzing the data, we note that oil consumption increased by 0.9 million barrels per day. This is due to the growth of consumption in China, Iran, India, Algeria and Russia. A decrease in consumption is noted in Mexico, Italy, Pakistan and other countries. The growth of gas exports is noted in the United States, Russia, Australia, Algeria, and a decrease – in Indonesia. The growth of imports is in China, Great Britain, France, Spain, and Italy. As for the production and consumption of coal, its consumption in the world decreased by 0.6% in 2019.

As a result, the share of coal in primary energy has decreased to 27%, which is the lowest value in the last 16 years. Coal consumption is increasing in developing economies. So, the growth is observed in China, Indonesia, Vietnam. According to analysts, a steady increase is observed in the consumption of energy obtained from renewable sources. The consumption of energy received from hydroelectric power plants increased by 0.8%, and the consumption of energy received from nuclear power plants increased by 3.2%.³

Table 2

Fuel shares of primary energy and contributions to growth in 2019⁴

Energy source	Consumption, exajoules	Annual change, exajoules	Share of primary energy	Point change in share from 2018, %
Oil	193.0	1.6	33.1%	-0.2
Gas	141.5	2.08	24.2%	0.2
Coal	157.9	-0.9	27.0%	-0.5
Renewables	29.0	3.2	5.0%	0.5
Hydro	37.6	0.3	6.4%	-0.0
Nuclear	24.9	0.8	4.3%	0.1
Total	583.9	7.7		

According to some experts, “the industry is becoming more ‘green,’ despite the opposition of the countries exporting hydrocarbons.”⁵ Many companies invest in renewable energy sources. Many, such as Statoil, are diversifying their business.⁶ At the same time, there are changes in the energy policy of entire states. For example, in the United States, a plan was developed according to which the American energy sector will get rid of carbon emissions by 2035, by 2050 it is planned that the country will become carbon neutral.⁷ The proposed plan will give an additional boost to growth. Analysts expect an increase in the share prices of companies related to solar energy. South Korea plans to become a carbon neutral economy by 2050, and China by 2060.⁸

The second equally important area of implementation of the concept of green economy is agricultural energy, including the use of biomass and other types of renewable energy sources. It should be noted that biomass has been used for human energy production for a long time. Every year, up to 83 billion tons of biomass are produced on Earth, from which people process 9 billion tons no more

³ British Petroleum. *Statistical Review of World Energy 2020*. 69th edition. Available from: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (accessed: 05.07.2021).

⁴ Ibid.

⁵ Proskuryakova L. Russia and clean technologies: on the strategic vision of green economic growth. *Valdai. International Discussion Club*. (In Russ.) Available from: <https://ru.valdaiclub.com/a/highlights/rossiya-i-chistyie-tekhnologii/> (accessed: 05.07.2021).

⁶ Ibid.

⁷ RBC. *Biden added hype to the “green” stocks. Investors are even buying up nouns.* (In Russ.) Available from: <https://quote.rbc.ru/news/article/60081ab39a794793c8f7f8ea> (accessed: 05.07.2021).

⁸ Proskuryakova L. Russia and clean technologies: on the strategic vision of green economic growth. *Valdai. International Discussion Club*. (In Russ.) Available from: <https://ru.valdaiclub.com/a/highlights/rossiya-i-chistyie-tekhnologii/> (accessed: 05.07.2021).

than 15–20% is used for food production [1]. One of the distinctive features of biomass is its self-creation. The following forms of biomass can be used for energy purposes (Figure 2).

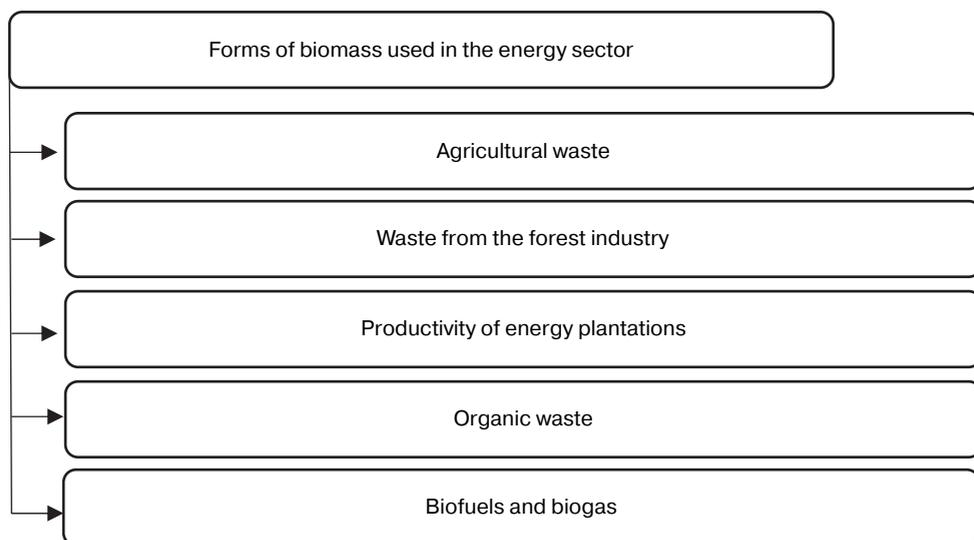


Figure 2. Forms of biomass used in the energy sector

Source: compiled by the authors according to: Alter 2020. *Biomass as an energy source*. Available from: <https://alter220.ru/bio/biomassa-kak-istochnik-energii.html> (accessed: 05.07.2021).

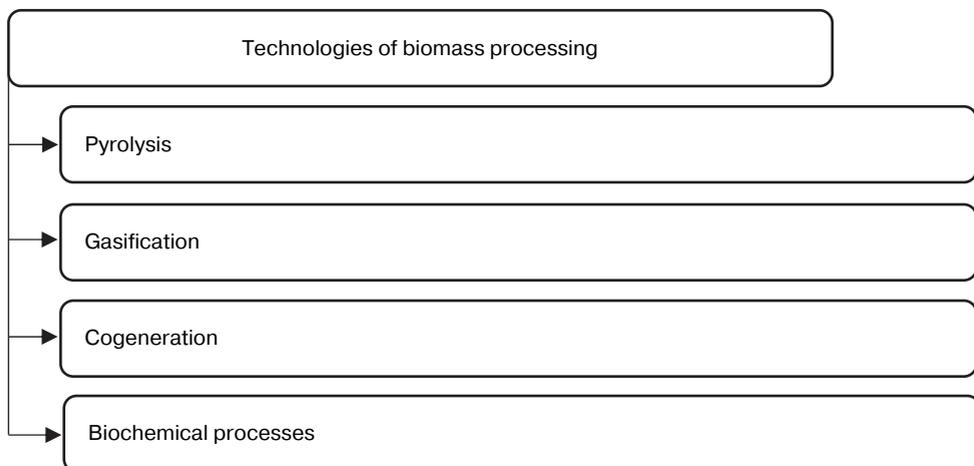


Figure 3. Technologies of biomass processing

Source: compiled by the authors according to: Alter 2020. *Biomass as an energy source*. Available from: <https://alter220.ru/bio/biomassa-kak-istochnik-energii.html> (accessed: 05.07.2021).

According to experts, in some countries, the use of biomass for energy purposes can account for up to 50% of total consumption. At the same time, it is expected that by 2025, the global consumption of biomass can reach 85 KW/h of electricity and 250 kW/h of thermal energy [1]. Currently, various technologies for processing biomass have been developed and are being implemented (Figure 3).

The third direction of the development of the green economy is the development of sustainable agriculture, including organic agriculture. As noted by A.A. Askarov and A.A. Askarova, the modern system of agricultural production has led to negative consequences, among which they distinguish [2]:

- soil erosion;
- poisoning of the natural environment with the remnants of mineral fertilizers;
- violation of the natural mechanisms of biological balance.

The processes caused by these phenomena slow down the development of ecosystems. Modern society meets its emerging needs at the expense of future generations. And as A.A. Askarov and A.A. Askarova note, “modern agricultural production has become, along with other spheres of human activity, a serious threat to achieving the goals of the global program of the world community” [2]. As a result, there is a transition to completely different principles of conducting activities in agriculture. First of all, environmental aspects are taken into account. This, in turn, contributed to the emergence of organic agriculture. The main indicators characterizing the development of organic farming in the world are presented in Table 3.

Table 3

Organic agriculture: key indicators and top countries in 2019⁹

Indicator	Word	Top countries
Countries with organic activities	187	
Organic agricultural land	72.3 million hectares	Australia, Argentina, Spain
Organic share of total agricultural land	1.5%	Liechtenstein, Austria
Wild collection and further non-agricultural areas	35.1 million hectares	Finland, Zambia, Namibia
Producers	3.1 million producers	India, Uganda, Ethiopia
Organic market	106.4 billion euro	US, Germany, France
Per capita consumption	14 euro	Denmark, Switzerland, Luxembourg
Number of countries with organic regulation	108 countries	

According to many experts, sustainable agriculture will be aimed at achieving three main groups of goals:¹⁰

- economic;
- social;
- environmental.

The first group includes achieving economic security, economic viability, increasing value added, striving for minimal investments, and others. The second group of goals consists of creating good working conditions, ensuring food supplies, meeting local needs, creating gender balance, instilling respect for local culture, and ensuring product safety. The third group is based on: ensuring the balance of the system, ensuring no chemical pollution, increasing soil fertility, ensuring biological diversity, conservation of natural resources. The implementation of all three groups of goals is aimed at creating such agricultural production that does not have an adverse impact on animals.

⁹ FIBL. *The world of organic agriculture. Statistics & emerging trends 2021*. Available from: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf> (accessed: 05.07.2021).

¹⁰ Organic farming. *Agrovestnik*. Available from: <https://agrovesti.net/lib/advice/uchebnoe-posobie-po-organicheskomu-selskomu-khozyajstvu.html> (accessed: 05.07.2021).

Conclusion

Thus, summing up, we can draw the following main conclusions. First, the society understands the need to change the existing model of economic development. If we continue to adhere to the model used, humanity may simply perish. Secondly, it is necessary to develop in detail the ways of transition to a new economic model of development. Thirdly, it is necessary to remember that the results of the efforts that are being applied today will affect future generations.

References

- [1] Adarina RT, Glotko AV, Kuttubaeva TA, Shvakova ON, Yankovskaya XG. “Green economy” indicators as a foundation for the development of the regional economy. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019;8(8): 3220–3227.
- [2] Dudin MN, Frolova EE, Artemeva YuA, Bezbakh VV, Kirsanov AN. Problems and perspectives of BRICS countries transfer to “green economy” and low-carbon energy industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2016;6(4):714–720.
- [3] Glotko AV, Balabanov VS, Balabanova AV, Molchanova LA, Repkina OB, Shichiyakh RA. Mechanisms for implementing a green economy model in a region’s agro-industrial sector. *Iranian Journal of Ichthyology*. 2021;8(1):92–101.
- [4] Bulkhairova ZhS, Alieva AO. “Green” economy: realities and prospects in agriculture in the republic of Kazakhstan. *Problems of AgriMarket*. 2021;(1):37–43.
- [5] Bozhkova V, Melnyk L, Dehtyarova I, Yevdokimov Y, Derykolenko O, Pasyevin O. The system of indicators for alternative energy development in the context of the green economy. *International Journal of Global Environmental Issues*. 2020;19(1–3):70–89.
- [6] Melnyk LG. Instruments and key factors of sustainable (“green”) economy formation. *Actual Problems of Economics*. 2016;178(4):30–36. (In Russ.)
- [7] Kozlov YuP. Biomass as renewable energy source. *Eurasian Scientific Association*. 2015;2(7):88–91. (In Russ.)
- [8] Askarov AA, Askarova AA. Sustainability agriculture: the essence and necessary conditions for its formation. *Management of Economic Systems*. 2012;(4):31. (In Russ.)
- [9] Nekos AN, Soloshych IO. Comprehensive evaluation of regional development as a component of green economy implementation. *Actual Problems of Economics*. 2014;160(1):247–251.
- [10] Lipina SA, Lipina AV. Innovation development: environmental technology foresight and the development of green economy sectors. *Modern Economy Success*. 2017;(2):47–61.

Список литературы

- [1] Адарина Р.Т., Глотко А.В., Куттубаева Т.А., Швакова О.Н., Янковская Х.Г. Показатели «зеленой экономики» как основа развития региональной экономики // Международный журнал инновационных технологий и исследовательской инженерии. 2019. Т. 8. № 8. С. 3220–3227.
- [2] Дудин М.Н., Фролова Е.Е., Артемьева Ю.А., Безбах В.В., Кирсанов А.Н. Проблемы и перспективы перехода стран БРИКС на «зеленую экономику» и правоуглеродную энергетику // Международный журнал энергетической экономики и политики. 2016. Т. 6. № 4. С. 714–720.
- [3] Глотко А.В., Балабанов В.С., Балабанова А.В., Молчанова Л.А., Репкина О.Б., Шичиях Р.А. Механизмы реализации модели зеленой экономики в агропромышленном секторе региона // Иранский журнал ихтиологии. 2021. Т. 8. № 1. С. 92–101.

- [4] Булхаирова Ж.С., Алиева А.О. «Зеленая» экономика: реалии и перспективы в сельском хозяйстве Республики Казахстан // Проблемы агрорынка. 2021. № 1. С. 37–43.
- [5] Божкова В., Мельник Л., Дехтярова И., Евдокимов Ю., Дериколенко О., Пасевин О. Система показателей развития альтернативной энергетики в контексте зеленой экономики // Международный журнал глобальных экологических проблем. 2020. Т. 19. № 1–3. С. 70–89.
- [6] Мельник Л.Г. Инструменты и ключевые факторы формирования устойчивой («зеленой») экономики // Актуальные проблемы экономики. 2016. Т. 178. № 4. С. 30–36.
- [7] Козлов Ю.П. Биомасса как возобновляемый источник энергии // Евразийская научная ассоциация. 2015. Т. 2. № 7. С. 88–91.
- [8] Аскарлов А.А., Аскарлова А.А. Устойчивое сельское хозяйство: сущность и необходимые условия его формирования // Управление экономическими системами. 2012. № 4. С. 31.
- [9] Некос А.Н., Солошич И.О. Комплексная оценка регионального развития как компонента внедрения зеленой экономики // Актуальные проблемы экономики. 2014. Т. 160. № 1. С. 247–251.
- [10] Липина С.А., Липина А.В. Инновационное развитие: прогнозирование экологических технологий и развитие секторов зеленой экономики // Успех современной экономики. 2017. № 2. С. 47–61.

Bio notes:

Andrey N. Zharov, Candidate of Economic Science, Docent of the Department of Technosphere Safety, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). ORCID: 0000-0002-4068-609X, eLIBRARY SPIN-code: 3948-4243. E-mail: zharov-an@rudn.ru

Konstantin V. Isaev, senior lecturer, Department of Environmental Monitoring and Forecasting, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). ORCID: 0000-0001-8828-8237, eLIBRARY SPIN-code: 6740-2702. E-mail: isaev-kv@rudn.ru

Сведения об авторах:

Жаров Андрей Николаевич, кандидат экономических наук, доцент департамента техно-сферной безопасности, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов. ORCID: 0000-0002-4068-609X, eLIBRARY SPIN-код: 3948-4243. E-mail: zharov-an@rudn.ru

Исаев Константин Вячеславович, старший преподаватель, кафедра экологического мониторинга и прогнозирования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов. ORCID: 0000-0001-8828-8237, eLIBRARY SPIN-код: 6740-2702. E-mail: isaev-kv@rudn.ru